

# Probleme und Aufgaben des Gewässerschutzes im Einzugsgebiet der Reuss

Autor(en): **Jaag, O.**

Objektyp: **Article**

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

Band (Jahr): **50 (1958)**

Heft 8-9

PDF erstellt am: **22.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-921915>

## **Nutzungsbedingungen**

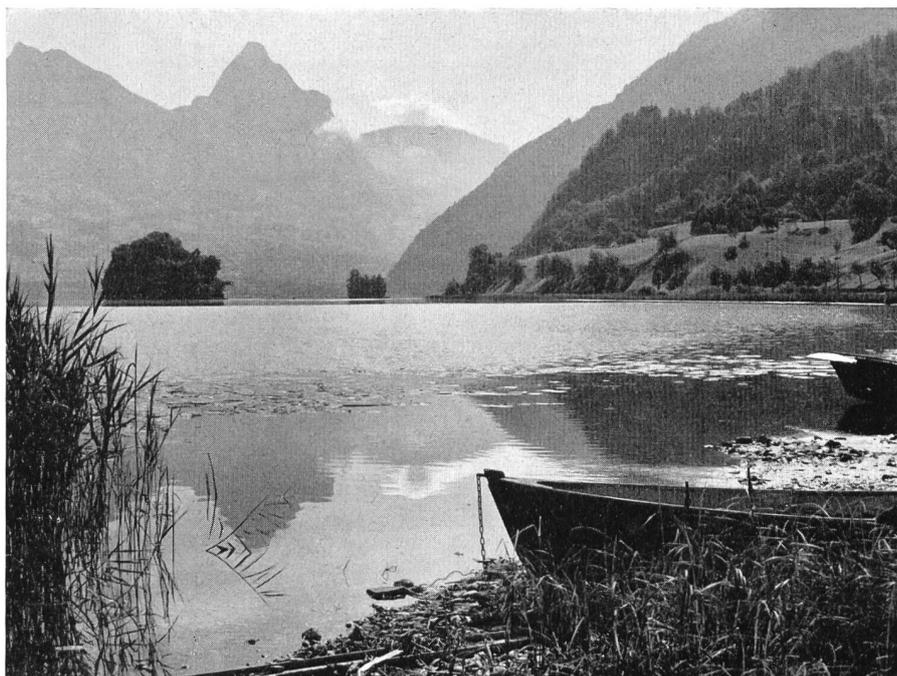
Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.



Lauerzersee mit Mythen  
(Photo O. Pfeifer, Luzern)

## Probleme und Aufgaben des Gewässerschutzes im Einzugsgebiet der Reuß

Prof. Dr. O. Jaag, Zürich, Direktor der Eidg. Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz (EAWAG) an der ETH

Probleme und Aufgaben des Gewässer- und Landschaftsschutzes stellen sich im Einzugsgebiet der Reuß von verschiedenen Seiten her. Einerseits bewirken die ungereinigten Abwässer, die aus Dörfern und Städten, aus gewerblichen und industriellen Unternehmungen sowie aus der Landwirtschaft, sozusagen von den Quellen bis zur Mündung, in die Reuß, ihre Zuflüsse und die von ihr durchflossenen Seen gelangen, eine nennenswerte, streckenweise aber eine folgenschwere Schmutzwasser-Belastung des Gewässersystems, andererseits müssen auch ungünstige Folgen befürchtet werden aus den bereits vorgenommenen oder geplanten künstlichen Eingriffen in das hydrologische Regime zum Zwecke der Gewinnung elektrischer Energie, sofern wenigstens

nicht diesen Gefahren von Anfang an die nötige Aufmerksamkeit geschenkt und unter Beachtung der erforderlichen Rücksichtnahme auf die vielgestaltigen Belange der Bevölkerung der betreffenden Gebiete durch zweckmäßige Maßnahmen begegnet wird.

Da die letztgenannten Probleme in immer zahlreicheren Gebieten des Schweizerlandes, z. B. im Wallis, im Gebiet der Maggia, des Vorder- und Hinterrheins, des Spöl und des Inn, in jüngster Zeit auch des Doubs, bereits eine hohe Aktualität erlangt haben, sei an dieser Stelle wenigstens auf die Problematik solcher bereits vorgenommener, in Ausführung begriffener oder geplanter Eingriffe in den Gewässerhaushalt am Beispiel der Reuß prinzipiell hingewiesen.

### 1. Mögliche Auswirkungen eines künstlichen Eingriffs in das hydrologische Regime eines Gewässersystems

Was wird geschehen, wenn gemäß den vorliegenden Projekten das Wasser der Quellflüsse der Reuß gefaßt und durch Stollen nach Göschenen und von dort nach Wassen und Amsteg abgeleitet wird? Das ist die bange Frage, die sich dem Freund der Natur und dem Gewässerschützer jedesmal stellt, wenn Wasserableitungen und damit verbunden eine streckenweise stark verminderte Wasserführung, ja mitunter zeitweise Trockenlegung weiter Flußstrecken ins Auge gefaßt werden müssen. Stehen uns schon wenig Unterlagen zur Verfügung, um diese Frage generell zu beantworten, so muß überdies bei solchen Eingriffen jeder einzelne Fall für sich betrachtet und beurteilt werden, gemäß den regionalen und lokalen Gegebenheiten und gemäß der Gesamtheit der gerechten Belange der interessierten Bevölkerung.

Auswirkungen solcher Wasser-Ab- und -Umleitungen ergeben sich zunächst für das Landschaftsbild. Daß ein trockenes Flußtal oder ein Flußbett, in dem sich infolge einer allzu geringen Restwassermenge die müden Rinnsale durch die unregelmäßigen Vertiefungen im Geröllgrund hindurchquälen, dem Besucher ein eher trostloses Bild darbietet, ist kaum zu bestreiten. Kantone und Gemeinden müssen sich deshalb in jedem einzelnen Fall entscheiden, ob die Vorteile, die sich für sie aus der Konzessionserteilung ergeben, größer sind als das, was sie an landschaftlichen Werten dafür eintauschen. Diese Frage wird strenger zu beurteilen sein in Gegenden, in denen der Fremdenverkehr stärker entwickelt ist, als in solchen, wo die einheimische Bevölkerung allein sich mit den Folgen der Gewässereingriffe abzufinden hat.

Alsdann ist die Frage zu prüfen, welche Folgen der Eingriff ins hydrologische Regime für die Versorgung des betroffenen Gebietes mit Grundwasser haben kann. Durch sorgfältige, möglichst langfristige Messungen der mit der Jahreszeit wechselnden Fluß- und Grundwasserstände sind die Beziehungen zwischen dem oberflächlichen und dem unterirdischen Wasser abzuklären. Diese Erhebungen dienen in erster Linie zur Lokalisierung der Infiltrationsstellen von Flußwasser in den Grundwasserträger und der Austrittsstellen von Grundwasser in das Flußbett.

Das Ergebnis solcher Erhebungen wird unterschiedlich ausfallen. Während im einen Fall durch die Verringerung des Abflusses das Grundwasser-Regime kaum beeinflusst wird, sind in anderen Fällen mitunter folgenschwere Grundwasser-Absenkungen zu befürchten. In speziellen Fällen kann die Wasser-Ableitung aber auch zu einer erwünschten Entsumpfung durchnäßen Bodens führen.

Vielorts wird bekanntlich heute noch die gesamte Menge der anfallenden ungereinigten Abwässer dem nächstgelegenen Bach oder Fluß zugeführt. Wenn diese mit solcher Belastung bisher fertig geworden sind, ohne nennenswerte Schäden aufkommen zu lassen, so ist dies einerseits der starken Verdünnung, welche die Schmutzstoffe im Vorfluter erfahren, andererseits dem Selbstreinigungsvermögen, das einem jeden Wasser innewohnt, zu verdanken. Wird eine Gewässerstrecke nun trockengelegt oder mit zu geringer Restwassermenge dotiert, so werden die Folgen der Belastung natürlich in vermehrtem Maße in Erscheinung treten in einem häßlichen Bilde, das der verunreinigte Fluß darbietet, und in der Verschlechterung der hygienischen Verhältnisse. Die unerläßliche Forderung einer Reinigung solcher Abwässer wird sich also für die betroffenen Gemeinden früher stellen als vor dem Eingriff, und je weniger Wasser im Vorfluter zurückbleibt, um so höher muß die Reinigungsleistung der betreffenden Anlage sein. Dies bringt der Gemeinde für Bau und Betrieb der Anlage erhöhte Kosten.

Der Berufs- und Sportfischerei erwachsen natürlich nennenswerte Schäden, wenn infolge Trockenlegung oder zu geringer Restwasserdotierung die Fischwanderungen, im Gebiet des Rheins beispielsweise diejenigen der «Rheinlanken» (Bodenseeforelle) erschwert oder verunmöglicht werden, oder wenn sogar die Standfische ihrer unerläßlichen Lebens- und Ernährungs-Grundlagen beraubt werden.

Wie weit sich die Verminderung der Wasserführung auf das regionale oder lokale Makro- und Mikroklima auszuwirken vermag, ist infolge Mangels an Erfahrung und speziellen langfristigen Untersuchungen schwer zu beurteilen. Obschon z. B. durch *W. Lüdi* in Untersuchungen im Gebiet des Nationalparks gezeigt worden ist, daß die Luftfeuchtigkeit vom Ufer eines Flusses landeinwärts rasch abnimmt, haben wir etwas Mühe, anzunehmen, daß, wenigstens solange als der Flußgrund noch mit Wasser bedeckt bleibt, eine auch beträchtliche Verminderung der Abflußmenge auf die klimatischen Verhältnisse der betreffenden Gegend einen maßgeblichen Einfluß ausüben kann, da die Verdunstungsfläche, die ein Bach oder Fluß darstellt, doch im allgemeinen gering ist im Verhältnis zu der wirksameren Verdunstungsfläche, welche der bewachsene Talgrund

und die Waldhänge dauernd darstellen. Eingehende Untersuchungen über solche Wechselwirkungen sind jedenfalls dringend notwendig, um die Fragen beantworten zu können, die in neuerer Zeit und in naher Zukunft von Kantonen und Gemeinden dem Fachmann gestellt werden.

Gesamthaft betrachtet, muß den Gemeinden, die über Wasserrechtskonzessionen zu befinden haben, empfohlen werden, die zu erwartenden Auswirkungen, welche die künstliche Wasserableitung und -umleitung in ihrem Gebiet zur Folge haben können, von kompetenter und unabhängiger Seite gründlich abklären und mit dem Blick auch auf die fernere Zukunft beurteilen zu lassen.

Viel ist bei der Festlegung der zu fordernden Restwassermenge im ab- oder umgeleiteten Fluß Ermessenssache, und groß ist die Versuchung, ob den Wasserzinsen und anderen wirtschaftlichen Vorteilen, die einer Gemeinde oder Talschaft für eine Wasserrechtskonzession in Aussicht stehen, die ideellen und wirtschaftlichen Werte, die dafür eingetauscht werden müssen und die nicht in Franken oder Kilowatt gefaßt werden können, zu unterschätzen. Sie schließen Gefahren in sich, die für unser ganzes Land immer entscheidender ins Gewicht fallen, je mehr die Zahl der Eingriffe ins Regime unserer Gewässer ansteigt.

## 2. Reinhalttaufgaben im Gebiet der Alpen-Reuß

Reinhalttaufgaben stellen sich gebieterisch bereits für die Quellflüsse der Reuß. Insbesondere ist der Beseitigung von festen Abfällen, also von Hausmüll, Straßenkehricht und anderen Abraummateriale mehr Beachtung zu schenken als dies bisher getan wurde. Die «wilde Ablagerung» solcher Abfälle an Waldrändern, im offenen Tal und an Flußufern erweckt in der bevorzugten Landschaft des Bergtals den Eindruck der Unordnung, die sich durch eine wohlorganisierte Müllabfuhr und -beseitigung ohne Schwierigkeit beheben läßt, insbesondere im Zusammenhang mit der Reinigung der Abwässer in einer zentralen Anlage im Urserental, für welche die Vorarbeiten bereits kraftvoll an die Hand genommen worden sind.

Von der Teufelsbrücke bis zur Mündung in den Vierwaldstättersee belasten die Abwässer insbesondere der Gemeinden *Göschenen, Wassen, Gurtellen, Amsteg, Silenen* und *Erstfeld* die Reuß mit gesamthaft etwa 8000 Einwohner-Gleichwerten. Sie machen sich besonders ungünstig bemerkbar in den Stauhaltungen (Pffahnsprung) und in den Flußstrecken mit künstlich verminderter Wasserführung (*Göschenen-Wassen-Amsteg*). In diesen Abschnitten ist das Selbstreinigungsvermögen der Reuß vermindert, und da überdies zu erwarten ist, daß sich inskünftig vermehrt industriell-gewerbliche Unternehmungen im Reußtal ansiedeln werden, so stellt sich auch hier gebieterisch die Aufgabe der zentralen Abwasserreinigung.

Einen weiteren Schwerpunkt der Gewässerbelastung, wobei hier aber die Vorarbeiten zur Abwasserreinigung bereits weit fortgeschritten sind, stellt der Raum von *Altdorf-Bürglen-Flüelen* dar. Erforderlich ist in diesem Gebiet eine zentrale mechanisch-biologische Anlage, deren Abflußkanäle — nicht zuletzt mit Rücksicht auf die Kiesgewinnung im Gebiet der Reußmündung — durch die Einführung in den Gießenkanal vom Lauf der Reuß ferngehalten werden sollen.

### 3. Die Zuflüsse des Vierwaldstättersees

Die M u o t a, die bei Brunnen einmündet, bringt die unvollständig abgebauten Abwässer von ungefähr 4000 Einwohnern aus dem oberen Muotatal, sodann durch die Seeweren den Abfluß des eutrophen, in einem weit fortgeschrittenen Verlandungsstadium befindlichen Lauerzersees, schließlich die Abwässer von Seewen und Schwyz, die zusammen mit den industriellen Abgängen mit ungefähr 10 000 Einwohner-Gleichwerten zu bemessen sind, in den Vierwaldstättersee. Für den Kanton Schwyz ergibt sich daher die Aufgabe, zur Reinhaltung dieses Sees die erforderlichen Maßnahmen zu ergreifen, um die Region zu sanieren. Dieselbe Aufgabe besteht auch für sämtliche Gemeinden am südlichen und nördlichen Seeufer, die ihre Abwässer zurzeit noch ungereinigt in den Vierwaldstättersee leiten.

Von Engelberg her und aus den tiefer gelegenen Ortschaften des Tales werden der E n g e l b e r g e r a a die Abwässer von rund 4000 an eine Kanalisation angeschlossenen Einwohnern und Feriengästen zugeleitet. Über die Sanierung des Gebietes um *Stans, Stansstad* und *Buochs* liegen bereits generelle Kanalisationsprojekte vor, und es handelt sich nun darum, durch den Kostenvergleich verschiedener Varianten zu prüfen, ob die Abwasserreinigung in einer oder in mehreren Anlagen die wirtschaftlichste Lösung darstellt, wobei noch die Lage und der zweckmäßige Ort der Ableitung des gereinigten Abwassers nach dem Vierwaldstättersee abzuklären sind.

Auch für das Gebiet um den *Sarnersee* sind die Vorarbeiten für die Abwassersanierung bereits an die Hand genommen worden, indem der Zustand des Sees während der Jahre 1955/56 eingehend untersucht und für Sarnen, Kerns und weitere Talgemeinden mit total rund 15 000 Einwohnern ein generelles Kanalisationsprojekt ausgearbeitet wurde.

### 4. Lungernsee und Sarnersee

Der L u n g e r n s e e hat eine bewegte Geschichte hinter sich. Da schon im 18. Jahrhundert der karge Talboden seine Bevölkerung nicht mehr zu ernähren vermochte, beschlossen die Gemeinden im Jahre 1788, durch einen Stollen den See um 36 m abzusenken. 1836 war dieser Plan verwirklicht. Die Seefläche war dadurch von 2,1 auf 0,8 km<sup>2</sup> vermindert, und ein weites Gebiet landwirtschaftlich nutzbares Land damit gewonnen worden. Dieser Zustand blieb bis ins Jahr 1920. Mittlerweile hatten die Centralschweizerischen Kraftwerke, unter Zubilligung maximaler und minimaler Staukoten namentlich im Sommer, die Konzession zur Kraftgewinnung erworben. So wurde der See im Dezember 1921 um 16 m aufgestaut. Der weitere Ausbau des Werkes erfolgte in Etappen. 1923 brachte den Bau eines Wasserschlosses mit Druckstollen; 1926 wurde die Kleine Melchaa gefaßt und mittels eines Stollens in den See geführt; der See wurde um weitere 20 m höher gestaut, so daß er durch diese Maßnahme den ursprünglichen Stand, den er vor seiner Absenkung im Jahre 1836 eingenommen hatte, wieder erreichte. Die letzte Etappe, die im Jahre 1930 in Angriff genommen wurde, bestand darin, daß die Große Melchaa, die das Melchtal entwässert, gefaßt und durch einen etwa 6 km langen Stollen in den Lungernsee geführt wurde.

So wurde der Lungernsee vom künstlich abgesenkten See zum Stausee, dessen oberes Gebiet nach er-

folgt winterlicher Absenkung im Frühjahr praktisch trocken liegt.

In den Jahren 1944/45 führten wir im Auftrage des Eidg. Amtes für Wasserwirtschaft im Rahmen einer größeren Seeuntersuchung auch im Lungernsee biologische und chemische Erhebungen durch. Die Ergebnisse einer solchen Probenahme, die in Zusammenarbeit mit Dr. E. Märki am 22. Oktober 1944 stattfand, sind in Tabelle 1, die Sauerstoffverhältnisse sämtlicher fünf Analysen überdies in Bild 1 graphisch dargestellt. In diesen Aufnahmen erscheint der Lungernsee als ein gesunder See, in dem der Sauerstoffgehalt über Grund im Herbst zwar eine erkennbare Verminderung, aber offenbar nicht Werte erreichen konnte, die in den größeren Wassertiefen zur Faulschlammabildung hätten führen können.

Die Sichttiefe variierte von 2,4 bis zu 6,1 m, und das Plankton, in dem *Oscillatoria rubescens* nie nachgewiesen werden konnte, entspricht demjenigen eines voralpinen Sees.

Die Verhältnisse des *Sarnersees* kennen wir, insbesondere in planktologischer Hinsicht von gelegentlichen Aufnahmen in den Jahren 1945 und 1951. Damals wies der See die für einen Voralpensee charakteristischen Vertreter der pflanzlichen und tierischen Schwebeorganismen auf. Eine besonders starke Entfaltung erreichten insbesondere die Kieselalgen *Asterionella formosa*, *Fragilaria crotonensis* und *Synedra*

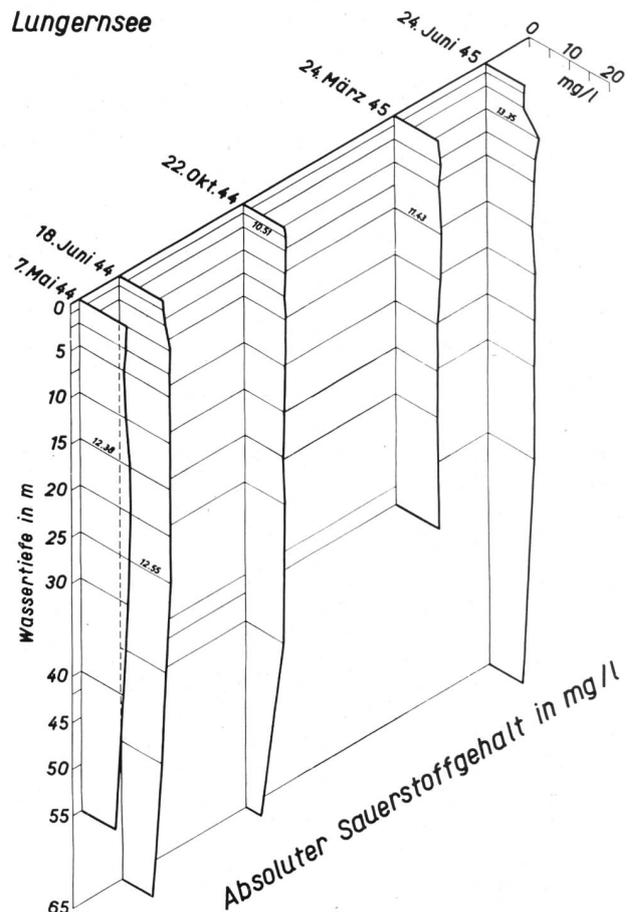


Bild 1

**Lungernsee** Die physikalisch-chemischen Verhältnisse im Gebiete der Seemitte am 22. Oktober 1944 **Tabelle 1**

Tiefe m	Temp. °C	pH	CO <sub>2</sub> mg/l	O <sub>2</sub> mg/l	O <sub>2</sub> -Zehrung 48 Std. mg/l	Oxydierbarkeit mg/l	Karbonathärte fr. H°	Chlorion mg/l	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N mg/l	NO <sub>2</sub> -N mg/l	NO <sub>3</sub> -N mg/l	Kieselsäure mg/l
0	11,7	7,94	0,0	10,4	0,7	4,1	11,0	3,5	0,02	0,0	0,27	0,5
1	11,7	7,90	0,0	10,5		3,6	11,0		0,01		0,27	0,5
2,5	11,7	7,91	0,0	10,3		3,5	11,0		0,01		0,36	0,5
5	11,7	7,92	0,0	10,3	0,7	3,3	11,0		0,01		0,18	1,0
7,5	11,7	8,06	0,0	10,1		3,3	11,0		0,01		0,18	1,0
10	11,7	7,89	0,0	10,5	1,2	5,2	11,3	2,5	0,01	0,0	0,18	1,0
15	11,5	7,85	0,0	10,2		3,5	11,3		0,01		0,27	1,0
20	11,1	7,78	0,5	9,9	0,2	3,3	11,5		0,02		0,27	1,5
25	10,7	7,74	0,5	9,9		3,5	11,8		0,02		0,27	1,5
30	9,8	7,74	0,5	10,1	1,6	3,5	11,8		0,02		0,27	1,5
45	8,5	7,70	1,0	9,5		2,7	11,8		0,02		0,27	1,5
65	5,0	7,33	7,5	3,9		4,0	13,5	2,5	0,03	0,0	0,36	3,0

acus, während die Blaualgen *Oscillatoria rubescens*, *Gomphosphaeria lacustris* und *Anabaena* zwar als mehr oder weniger treue Begleiter erschienen, mengenmäßig aber zurücktraten. Im Sommer erreichten die Flagellaten-Algen *Ceratium hirundinella* und *Peridinium* sp. größere Entfaltung, und unter den tierischen Plankton herrschten *Keratella cochlearis*, *Polyarthra platyptera* und *Notholca longispina* vor.

Auch im chemischen Haushalt des Wassers zeigte der See noch weitgehend gesunde Verhältnisse, sanken doch seine Sauerstoff-Sättigungswerte nur zeitweise in wesentlichem Maße unter 100%. Der Phosphorgehalt bewegte sich zwischen den Werten von 0,01 und 0,04 mg/l und Ammoniak war nur gelegentlich in Spuren nachzuweisen.

Wie oben erwähnt, führte die EAWAG im Auftrag der Regierung des Kantons Obwalden in den Jahren

1955/56 eine eingehende biologisch-chemische Untersuchung des Sarnersees und seiner Zuflüsse durch. Die Ergebnisse dieser Aufnahmen stehen zurzeit in Verarbeitung und werden demnächst zur Berichterstattung vorliegen.

**5. Der Vierwaldstättersee**

Obwohl am Vierwaldstättersee seit dem Beginn dieses Jahrhunderts ausgiebig limnologisch gearbeitet wurde und seit dem Jahre 1916 dank einer von Herrn und Frau Dr. med. F. Schwyzer errichteten Stiftung in Kastanienbaum ein hydrobiologisches Laboratorium zur Verfügung stand, fehlt es heute noch an einer Sichtung und Zusammenstellung der zahllosen, in einer weitverbreiteten Fachliteratur mitgeteilten Einzelbeschreibungen, so daß wir uns über die neuere Entwicklung des Vierwaldstättersees kein so deut-

**Vierwaldstättersee** Die chemischen Verhältnisse im Gebiete des Kreuztrichters am 7. Juni 1958 **Tabelle 2**

Tiefe m	Temp. °C	Leitfähigkeit 10 <sup>-6</sup> · Ω <sup>-1</sup> · cm <sup>-1</sup>	CO <sub>2</sub> mg/l	O <sub>2</sub> mg/l	BSB <sub>5</sub> mg/l	KMnO <sub>4</sub> Verbrauch mg/l	Karbonathärte fr. H°	Gesamthärte fr. H°	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N mg/l	NO <sub>2</sub> -N mg/l	NO <sub>3</sub> -N mg/l	Phosphat mg/l P
0	16,5	174,0	—	10,8	1,0	5,2	9,9	9,8	0,02	0,002	0,19	0
2,5	12,3	171,0	—	11,4	—	6,5	9,6	10,6	0,01	0,001	0,18	0
5	10,2	172,3	—	11,6	—	5,4	9,6	10,6	0,01	0,002	0,19	0
7,5	9,2	172,3	—	11,0	—	7,6	9,6	10,4	0,02	0,002	0,20	0,01
10	8,6	174,5	0,0	10,6	1,3	5,6	9,6	10,8	0,03	0,001	0,23	0
15	7,95	172,3	0,5	11,2	—	4,8	9,8	11,0	0,01	0	0,23	0
20	7,2	174,9	1,2	11,1	—	5,0	10,0	11,0	0,02	0,001	0,25	0
30	6,1	183,2	3,2	11,1	—	5,1	10,1	11,6	0,01	0,002	0,28	0,01
50	4,7	186,1	3,2	9,8	—	4,3		11,6	0,01	0	0,29	0
110 Grund	4,35	194,9	3,6	8,1	1,7	4,5		12,2	0,01	0	0,33	0,01

Die chemischen Verhältnisse im Gebiete vor Hergiswil am 15. Mai 1958

Tiefe m	Temp. °C	Leitfähigkeit 10 <sup>-6</sup> · Ω <sup>-1</sup> · cm <sup>-1</sup>	CO <sub>2</sub> mg/l	O <sub>2</sub> mg/l	BSB <sub>5</sub> mg/l	KMnO <sub>4</sub> Verbrauch mg/l	Karbonathärte fr. H°	Gesamthärte fr. H°	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N mg/l	NO <sub>2</sub> -N mg/l	NO <sub>3</sub> -N mg/l	Phosphat mg/l P
0	13,2	163,0	—	13,2	4,5	9,4	11,4	11,2	0	0,007	0,03	0
5	11,6	180,0	0,0	14,8	—	8,8	10,4	11,2	0	0,003	0,07	0
10	7,7	171,0	0,5	14,7	3,6	8,3	10,2	10,4	0	0,007	—	0
30	5,5	189,0	2,0	10,6	—	8,3	10,2	10,8	0	0,005	0,05	0
71 (Grund)	4,4	201,0	2,2	10,6	2,3	6,2	10,3	11,2	0	0,010	0,37	0,02

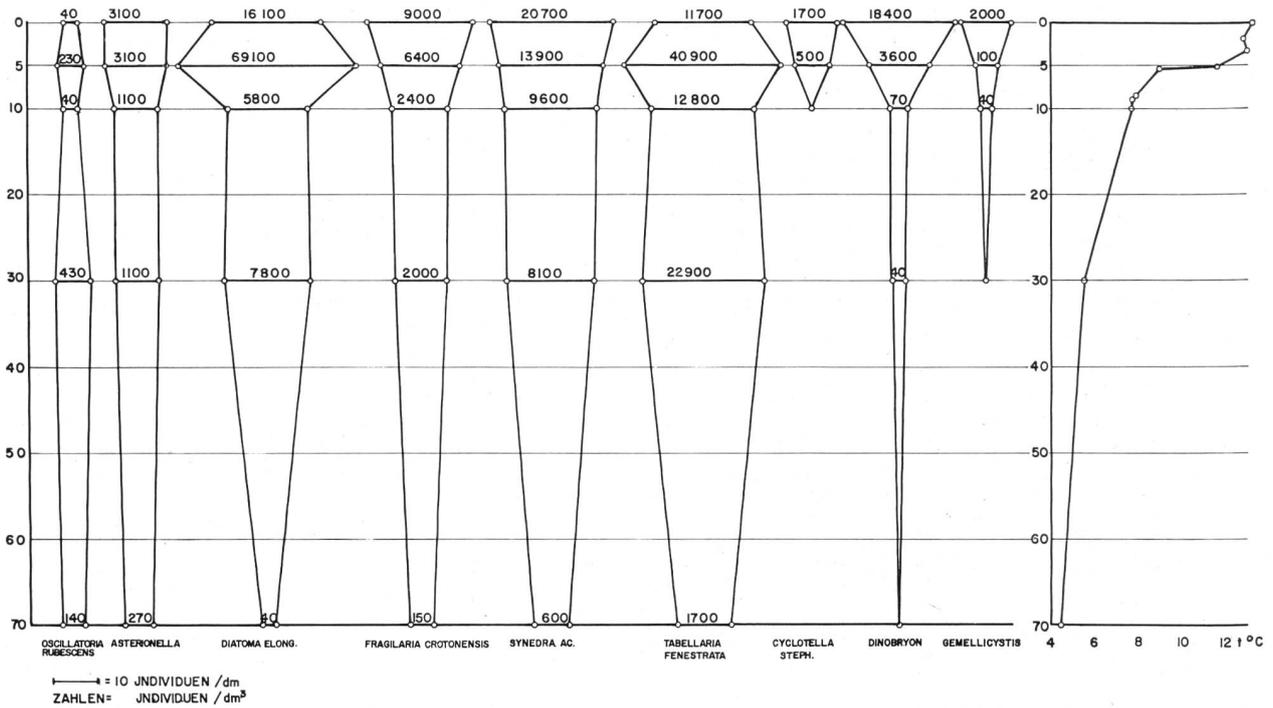


Bild 2 Ergebnis der Auszählung der vorherrschenden pflanzlichen Plankton-Organismen in verschiedenen Tiefen des Vierwaldstättersees (Kreuztrichter) je Liter Wasser. Aufnahme vom 7. Juni 1958

liches Bild machen können, wie über diejenige zahlreicher anderer Alpenrandseen. Wenig wissen wir insbesondere auch über die zweifellos unterschiedlichen Verhältnisse in den verschiedenen Becken dieses vielgestaltigen Sees. Dies ist zu bedauern angesichts des bedeutenden Interesses, das dem Vierwaldstättersee unter den schweizerischen Gewässern zukommt.

Zeigte, gemäß den Aufzeichnungen verschiedener Autoren, der See bis in die neuere Zeit hinein, wenigstens in seinem Plankton, die Züge eines oligotrophen, gesunden Gewässers, so machte er seither zweifellos eine Entwicklung durch, was beispielsweise in der zunehmenden Entfaltung der Burgunderblutalge zum Ausdruck kommt. Noch 1911 schrieb H. Bachmann: «Im Vierwaldstättersee habe ich *Oscillatoria rubescens* oft im unteren Seeteil festgestellt. Sie stammt offenbar aus dem Sarnersee, wo sie seit vielen Jahren beobachtet wurde, ohne daß sie dort die Üppigkeit z. B. des Zürichsees erreichte.»

Seither hat die Alge in ihrer Ausbreitung offenbar zugenommen, denn in unseren Netzfängen der letzten Jahre war sie praktisch immer vorhanden. In Bild 2 finden sich die anlässlich unserer Aufnahme vom 7. Juni 1958 ermittelten Individuenzahlen der vorherrschenden pflanzlichen Plankter in sog. Kugelkurven dargestellt, ferner die Zahlenwerte je Liter in verschiedenen Seetiefen gefaßten Wassers eingetragen. Aus dieser Darstellung ist ersichtlich, daß die Burgunderblutalge in wechselnder Dichte von der Oberfläche bis zum Seegrund vorkommt, daß sie aber zahlenmäßig gegenüber anderen Arten, insbesondere den Kieselalgen *Diatoma elongatum* und *Tabellaria fenestrata*, zurücktritt.

In der chemischen Analyse des gleichen Aufnahmetages, deren Ergebnisse in Tab. 2 zusammengestellt wurden, sind die Sauerstoffverhältnisse von besonderer

Bedeutung. Sie zeigen, daß bis zur Tiefe von 7,5 m Sauerstoff-Übersättigungen von 119% (10,8 mg/l) bis zu 104% (11,0 mg/l) vorliegen, während die Sättigungswerte von 30 m bis 110 m (über Grund) von 97% (11,1 mg/l) bis zu 68% (8,1 mg/l) absinken. Die weitere Aufnahme, die wir am 15. Mai 1958 in der Seebucht von Hergiswil durchführten, zeigte an der Oberfläche eine Sauerstoffsättigung von 136% (13,2 mg/l); nach einem Anstieg auf 147% (14,8 mg/l) in 5 m Tiefe sinkt sie über Grund bis auf 89% (10,6 mg/l). Hinsichtlich der Sauerstoffsättigung liegen also Verhältnisse vor, die mit denen des Bodensees vergleichbar sind.

### 6. Der Zugersee

Aus dem im allgemeinen noch gesunden Aegerisee, dessen Röteln durch seine besondere Qualität Berühmtheit erlangt hat, der aber in der verhältnismäßig starken Algenentwicklung seiner flacheren Ufergebiete wie auch im zeitweiligen Sauerstoffschwund über dem Seegrund bereits Zeichen der zunehmenden Eutrophierung zeigt, wendet sich die Lorze dem Zugersee zu, dem sie westlich der Stadt Zug ihr Wasser übergibt, um freilich unweit der Einmündungsstelle bei Cham den See wieder zu verlassen.

Gemäß einer ausgedehnten Dokumentation, die im Laufe vieler Jahrzehnte in der Schweiz. Fischerei-Zeitung veröffentlicht wurde, kam der Fischerei im Zugersee seit altersher eine sehr große Bedeutung zu. Hierfür zeugen schon die Funde von Fischereigeräten in Pfahlbausiedlungen und während Jahrhunderten immer wiederkehrende Aufzeichnungen im Schrifttum. Bekannt sind private Fischereirechte aus der Alemannenzeit des 5. Jahrhunderts, und eine Urkunde vom 16. April 885 erwähnt bereits die Zuger Fischenzen. Im Vordergrund des Interesses standen von Anfang an

die beiden Fischarten Rötél (Seesaibling, *Salmo save-linus*) und der Ballen oder Balchen, eine große Felchenart (*Coregonus lavaretus*). Daneben konnten in früherer Zeit mächtige Karpfen, Barsche und Hechte in großen Mengen schon vom Ufer aus beobachtet werden. Noch 1913 berichtet der damalige eidg. Fischereiinspektor, Dr. Surbeck, daß anlässlich einer Kontrollfahrt das Wasser «von Fischen geradezu dunkel» gewesen sei. Als Festgabe, als Fastenspeise und als reguläre Abgabe an die Kloster- und Lehensherren galt jedoch fast ausschließlich der Rötél, dessen Fang gegen Ende des letzten und zu Beginn unseres Jahrhunderts zu größter Blüte gelangte und dank den Anstrengungen der Rötelfischer von Walchwil und Zug, die schon in den Neunzigerjahren eigene Brutanstalten errichtet hatten, europäische Berühmtheit erlangte. Um die Jahrhundertwende wurden während der 5—7 Wochen des «Rötlets» 100 000—120 000 Zugerrötél gefangen. Aber um 1903 wurden die ersten Klagen über den Rückgang der Rötél-Erträge laut, und im Jahre 1911 wird die Ursache dieses Rückganges in der zunehmenden Verschmutzung des Zugersees gesucht. Seither ist die Klage über den schlechten Zustand des Sees nicht mehr verstummt. Aber es brauchte viel Überzeugungskraft, um der bis in die höchsten Amtsstellen vertretenen Auffassung entgegenzutreten, die Abwasser der Stadt Zug und der übrigen Ortschaften am See seien als wirksame Teichdüngung der Fischerei förderlich und darum willkommen. Um die Mitte der Dreißigerjahre erhitzen sich die Gemüter der Fachleute um die Frage der zweckmäßigen fischereilichen Bewirtschaftung des Sees. Eines wurde dabei klar: daß eine Besserung der Verhältnisse nur erwartet werden kann, wenn der Lebensraum der Edelfische, also der See, in einen besseren chemisch-biologischen Zustand gebracht wird. Dies ist aber nur möglich durch die Fernhaltung weiterer Verschmutzungsquellen, d. h. durch die Reinigung der dem See zugeführten Abwässer. Heute hat der Rötelfang einen noch nie beobachteten Tiefstand erreicht. Nachdem nun aber durch die Inbetriebnahme der Abwasserreinigungs-Anlage der Stadt Zug am Schwerpunkt der Belastung mit der Sanierung begonnen wurde, ist die Hoffnung berechtigt, der See werde sich langsam wieder erholen zum Besten der Zugerseefischer und aller derer, denen klare, gesunde Seen am Herzen liegen.

So wie für den Vierwaldstättersee fehlt in der Fachliteratur noch eine übersichtliche Darstellung der Ergebnisse der zahlreichen *Untersuchungen*, die während der letzten Jahrzehnte namentlich im Interesse der Fischerei von mehreren Experten am Zugersee durchgeführt wurden, und es würde sich zweifellos lohnen, die in den ausgestellten Gutachten niedergelegten Tatsachen zusammenzufassen. Dies wäre schon von Interesse zur Beurteilung der weiteren Entwicklung in den chemischen und biologischen Verhältnissen dieses Sees, nachdem die Stadt Zug seit dem Jahre 1957 ihre Abwässer in einer modernen mechanisch-biologischen Anlage reinigt und auch andere Gemeinden bereits mit der Ausarbeitung ihrer Abwassersanierungs-Projekte beschäftigt sind.

Seit dem Jahre 1898 (möglicherweise aber schon seit viel früher) beherrscht die Burgunderblutalge das Bild des Planktons, und gelegentlich erscheint diese Alge in einer solchen Massenfaltung, daß weite Teile des Zugersees von einer mehr oder weniger geschlosse-

nen roten Decke überzogen sind. Diese Erscheinung war besonders eindrucklich im Sommer 1948, da während mehrerer Wochen täglich 2—3 Tonnen roten Algenmaterials durch die Lorze weggeführt wurden. Das Tiefenwasser ist sozusagen andauernd praktisch sauerstofflos, und der Seegrund ist zeitweise mit einem weißen Belag des Schwefelbakteriums *Beggiatoa alba* überzogen. Es ist darum nicht verwunderlich, daß unter diesen Umständen die Fischerei im Zugersee in neuerer Zeit schwere Schäden erlitt.

Der See ist für eine Störung im biologisch-chemischen Gleichgewicht besonders anfällig, weil die verhältnismäßig wenig Wasser führende Lorze in ihrer Durchströmung nur einen kleinen Teil des Sees erfährt, weshalb die Total-Erneuerung der Wassermassen an die 16 Jahre beansprucht, während beispielsweise der Zürichsee sein Wasser im Laufe von ungefähr 1½ Jahren fortlaufend erneuert. Überdies vermögen die thermisch bedingten Wasserumwälzungen im Herbst und Frühjahr nicht bis an den Seegrund vorzudringen, so daß die selbsttätige Sanierung der Verhältnisse in den tieferen Wasserschichten, die in anderen Seen Jahr für Jahr vor sich geht, im Zugersee nur in sehr spärlichem Ausmaß erfolgt. So wirkt sich eine bestimmte Menge eutrophierender oder verunreinigender Stoffe im Zugersee ungünstiger aus als dies in anderen Seen der Fall wäre.

Gelegentlich wird der Plan in die Diskussion geworfen, eine Verbindung herzustellen zwischen dem Wasser des Küßbacher Beckens des Vierwaldstättersees und dem südlichen Teil des Zugersees, einerseits um dieses Gefälle zur Kraftgewinnung auszunützen, andererseits in der Hoffnung, die dadurch erzielte kräftigere Durchströmung eines Teils des vom Einfluß der Lorze abgeschnittenen Seegebietes vermöchte im Zugersee eine Verbesserung der chemischen und biologischen Verhältnisse herbeizuführen. Technisch und limnologisch gesehen verdient dieser Gedanke zweifellos Beachtung. Vor der Realisierung eines solchen Planes wäre freilich abzuklären, ob das Wasser des Vierwaldstättersees an den entscheidenden eutrophierenden Stoffen, insbesondere Phosphaten und Nitraten, wirklich ärmer sei als das Wasser des Zugersees; auch wäre genau zu prüfen, bis wie weit das sauerstoffreiche zugeführte Wasser gemäß den Temperatur-Verhältnissen in die Tiefe vorzudringen würde.

In einer Aufnahme, die wir am 11. November 1951 im Seegebiet vor der Stadt Zug durchführten, ergab, bei einer Sichttiefe von 5,6 m, die Auszählung der vorherrschenden Arten des pflanzlichen Planktons je Liter Oberflächenwassers folgende Individuenzahlen:

Art	Individuen pro 1 Wasser
<i>Oscillatoria rubescens</i>	43 275
<i>Tabellaria fenestrata</i>	38 250
<i>Ceratium hirundinella</i>	725
<i>Mougeotia</i> sp.	387
<i>Dinobryon stipitatum</i>	12
<i>Synedra acus</i>	25
<i>Fragilaria crotonensis</i>	687
<i>Keratella cochlearis</i>	50
<i>Peridinium cinctum</i>	137
<i>Cosmarium phaseolus</i>	12
<i>Staurastrum gracile</i>	37

**Zugersee** Die chemischen Verhältnisse in den oberflächlichen Wasserschichten im Gebiet der Stadt Zug am 11. November 1951

Tabelle 3

Tiefe m	Temp. ° C	pH	CO <sub>2</sub> mg/l	O <sub>2</sub> mg/l	KMnO <sub>4</sub> Verbrauch mg/l	Karbonat- härte fr. H°	Chlorion mg/l	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N mg/l	NO <sub>2</sub> -N mg/l	NO <sub>3</sub> -N mg/l	Phosphat mg/l P	Kiesel- säure mg/l
0	9,7	7,8	4,0	9,51	6,3	12,0	1,6	0,00	0,01	0,09	0,00	0,3
10	9,3	7,75	4,0	8,03	5,7	12,0		0,00	0,00	0,09		
20	9,1	7,7	4,0	8,03								
30	6,1	7,4	10,0	6,58	5,1	12,25		0,00	0,00	0,18		
45	5,2	7,4	10,0	5,09	5,4	12,75	1,6	0,00	0,00	0,27	0,01	0,5

So wie im Zürichsee beherrschen also auch im Zugersee die Blaualge *Oscillatoria rubescens* und die Kieselalge *Tabellaria fenestrata* mengenmäßig das pflanzliche Plankton.

Die chemische Analyse der höheren Wasserschichten ergab am gleichen Untersuchungstage die in Tab. 3 zusammengestellten Werte.

## 7. Der Rotsee

Von fruchtbarem Wiesengelände auf dem linken und von stillem schattigem Hochwald über dem rechten Ufer malerisch umsäumt, füllt der Rotsee ein altes, windstilles Erosionstal, dessen aus mehreren kleinen Bächen zufließende Wasser durch Gletscherablagerungen gestaut werden. Offenbar reichte der See einst bis zum Querriegel des Friedentals, aber Gletscherschutt verwandelte das obere Seegebiet in ein Sumpfgelände, was die Stadt Luzern veranlaßte, während langer Jahre das Sammelgut ihrer Kehrichtabfuhr dort abzulagern.

Kein Wunder, daß dadurch und durch die Zuleitung von Abwässern der Rotsee, der einst als wertvolles Fischgewässer geschätzt war, durch die Auslaugung der in diesem Material enthaltenen löslichen anorganischen und organischen Stoffe verdorben und zu einem Sorgenkind wurde, zunächst für seinen Besitzer, Fischermeister Hurter, nachher für die Stadt Luzern, in deren Besitz der See später übergang.

Alarmierend wirkte auf die Seeanwohner die erste Massenentfaltung der «Burgunderblutalge», *Oscillatoria rubescens* DC., die in derselben Weise wie in einer ganzen Reihe anderer Seen des schweizerischen Mittellandes im Herbst 1909 plötzlich das Wasser des Rotsees rot färbte und damit eine ungünstige Entwicklung der biologischen Verhältnisse und einen katastrophalen Zerfall der Fischerei im See einleitete. Zeigte, gemäß den mehrjährigen Untersuchungen von Seminarlehrer *Th. Hohl*, vor der Invasion der Burgunderblutalge das Plankton des Rotsees noch die deutlichen Züge eines gesunden, mehr oder weniger oligotrophen Sees, so beherrschte nun während dreier Jahre die Burgunderblutalge das Bild des Planktons; die Durchsichtigkeit des Wassers, für die früher Werte bis zu 11 m gemessen worden waren, verminderte sich bis auf zeitweise weniger als einen halben Meter. Dann klang die Entwicklung der gefürchteten Blaualge wieder ab, und ab 1915 war sie während einer Reihe von Jahren im Rotsee nicht mehr auffindbar. Die Alge machte in ihrer Ent-

wicklung also dieselben Sprünge wie im Murtensee, wo sie seit 1825 periodisch zu Massenentfaltung gelangte, während der Jahre 1925/27 aber, da eine gründliche Untersuchung des Sees durchgeführt wurde, praktisch ausgestorben war, um freilich kurze Zeit später wieder äußerst massiv in Erscheinung zu treten. Auch im Rotsee ist die Burgunderblutalge seither wieder zu regelmäßiger Entfaltung gelangt, und während sozusagen aller Jahreszeiten ist sie an der mehr oder weniger deutlichen schmutzig rotbraunen Wasserfarbe von weither erkennbar.

Da die Fischerei diese ungünstige Entwicklung am schwersten zu spüren bekam, klagte der Besitzer des Rotsees gegen die Stadt Luzern, in deren Müllablageung im Friedental und in deren Abwässern die Ursache der Verderbnis des Rotsees gesucht wurde.

Angesichts dieser Situation übernahm die Stadt Luzern den See in ihr Eigentum, und in der Hoffnung, daß eine kräftige Durchspülung eine Besserung der biologischen Verhältnisse insbesondere in den tiefen Schichten des Sees bewirken würde, baute sie im Jahre 1922 durch einen Stollenkanal eine Verbindung von der Reuß zum Rotsee. Die erwartete günstige Wirkung blieb jedoch aus, denn entgegen den Erwartungen blieben die tiefen Wasserschichten vom Zufluß aus der Reuß praktisch unbeeinflusst. Der Zustand völligen Sauerstoffschwunds vom Grunde bis gegen die Seeoberfläche und die Entwicklung von Schwefelwasserstoff, von dem im Sommer Werte bis zu 16 mg/l festgestellt wurden, konnte durch den künstlichen Eingriff nicht verbessert werden, weil sich das zugeführte Reußwasser gemäß seiner Temperatur unter der Seeoberfläche einschichtete und, ohne in die Tiefe vorzudringen, im Ronbach den See wieder verließ.

Die weiteren Sanierungs-Bestrebungen zielten nun auf die künstliche Belüftung des Sees ab, und verschiedene Vorschläge wurden seit den 40er-Jahren gemacht, insbesondere von Ing. *H. Gruner*, Basel, und Prof. *W. Fehlmann*, Schaffhausen, sowie von Ing. *C. Caille*, Winterthur, Projekte, die unter Verwendung verschiedener physikalisch-technischer Prinzipien Sauerstoff an den Seegrund bringen wollten, während Dr. *P. Mercier*, Lausanne, vorsah, das chemisch schlechte Tiefenwasser nach dem Ronbach abzusaugen. Leider konnte bis heute keine Instanz gefunden werden, die neben der Verantwortung für einen solchen Eingriff ins Regime des Sees auch die Kosten für Einrichtung und Betrieb eines Großversuchs zu übernehmen bereit war.

Dagegen läuft zur Zeit ein solcher, für die Dauer mindestens eines Jahres geplanter Belüftungsversuch im Pfäffikersee, wo Verhältnisse vorliegen, die mit denjenigen des Rotsees vergleichbar sind. Die Einrichtung wurde geschaffen und geliefert von ihrem Erfinder, Konstrukteur *G. Müller*, Dietlikon/ZH. Die physikalisch-chemischen Untersuchungen, durch welche die Wirksamkeit und auch eventuelle Nebenwirkungen dieser künstlichen Seebelüftung abgeklärt werden sollen, werden in Verbindung mit dem Kantonalen Laboratorium Zürich von der EAWAG durchgeführt. Sollten die Ergebnisse dieser Untersuchung positiv ausfallen und deren Betriebskosten tragbar sein, so könnten sie auch für andere Seen, zuallererst aber für den Rotsee als Sanierungsmaßnahme ausgenutzt werden.

Dabei ist natürlich festzuhalten, daß die Sanierung unserer Seen in erster Linie durch die Reinigung der Abwässer angestrebt werden muß, die diesen heute noch zugeführt werden. Die Regeneration gesunder chemisch-physikalischer Verhältnisse insbesondere in den tieferen Wasserschichten und im Bodenschlamm aber dürfte sich durch eine zusätzliche künstliche Belüftung beschleunigen lassen, was namentlich jenen Seen zugute käme, in denen infolge geringen Zu- und Abflusses das Wasser mehrere Jahre lang verweilt.

## 8. Die Reuß nach dem Verlassen des Vierwaldstättersees

Als städtischer Fluß, mit einer mittleren Wasserführung von 112 m<sup>3</sup>/s (wechselnd im langjährigen Mittel von 135—77 m<sup>3</sup>/s) verläßt die Reuß unter der Quai-Brücke der Stadt Luzern den Vierwaldstättersee. Gemäß dem sofort einsetzenden starken Gefälle und damit verbunden einer Fließgeschwindigkeit von 2—3 m/s wird die Kraft des Wassers noch im Stadtgebiet ausgenutzt. Auf dieser Strecke oder unweit unterhalb des Kraftwerkes Mühlenplatz hat der Fluß die großen Mengen der städtischen Abwässer aufzunehmen, die ihm von beiden Seiten her zugeleitet werden. Daß sich diese Belastung auf den chemisch-biologischen Zustand der Reuß ungünstig auswirkt, ist nicht verwunderlich. Da hierüber Ergebnisse von systematischen Untersuchungen kaum vorliegen, unterzog der Verfasser zusammen mit seinen Mitarbeitern *Dr. E. Märki* und *W. Rüegg* am 18. Juni 1958 den gesamten Lauf der Reuß von Luzern bis zu ihrer Einmündung in die Aare einer zwar nur einmaligen, aber verhältnismäßig eingehenden chemisch-biologischen Analyse, deren Resultate im folgenden in ihren wesentlichen Zügen diskutiert werden sollen. Leider war am Untersuchungstage die Wasserführung höher als für eine solche Untersuchung erwünscht ist, denn die chemischen Komponenten erfahren eine solche Verdünnung, daß das Bild weniger plastisch in Erscheinung tritt als bei einer Untersuchung bei Niederwasser. Dennoch dürften aus den Analysen-Ergebnissen die Herde und die Ausmaße der Belastung deutlich genug hervorgehen. Bei der Aufnahme, die vormittags 9.30 h in Luzern begann und um 19.30 h vor der Reußmündung in die Aare zu Ende ging, folgten wir bis zu einem gewissen Grade der fließenden Welle (rund 72 km Fluß-Strecke mit einer mittleren Fließgeschwindigkeit von rund 2 m/s in 10 Stunden oder 36 000 sec). Die Wasserführung betrug am 18. Juni 1958 bei Luzern (Untersuchungsstelle 1)

210 m<sup>3</sup>/s, bei Mühlau 225 und bei Melligen 237 m<sup>3</sup>/s. Angesichts des langjährigen Mittels von 225 m<sup>3</sup>/s im Monat Juni erfolgte die Aufnahme also bei einer etwas geringeren Abflußmenge, als sie in dieser Jahreszeit dem langjährigen Mittel entspricht. Ein Teil der Ergebnisse der chemischen Untersuchung ist in den Bildern 3a—d graphisch dargestellt.

Die starke Übersättigung an Sauerstoff (113% der theoretischen Sättigung) auf der Höhe der Kapellbrücke Luzern ist auf die intensive Assimilations-Tätigkeit der Plankton-Organismen im Seewasser zurückzuführen, während der relativ hohe KMnO<sub>4</sub>-Verbrauch von 9,0 mg/l, die Sauerstoffzehrung in 48 Std. mit 1,6 und der BSB<sub>5</sub>-Wert mit 2,6 mg/l bereits eine erkennbare Belastung des Flusses verraten. Die Organismen-Gesellschaft des Grundes und der Ufer bestätigt diesen Befund: die Strudelwürmer *Polycelis nigra*, *Dendrocoelum lacteum*, sodann die Egel *Herpobdella atomaria*, *Glossosiphonia complanata* sind Repräsentanten der  $\alpha$ -mesosaproben, also der biologischen Stufe nennenswerter Belastung mit organischen Schmutzstoffen, während ein dunkler Blaualgen-Belag von *Oscillatoria limosa*, fädige Grünalgen wie *Chaetophora incrassata*, *Bulbochaete* und *Spyrogyra* sp., der grüne Ciliat *Ophrydium versatile* und die tierischen Vertreter *Planaria lugubris*, *Bithynia tentaculata*, *Limnaea* cf. *ovata*, *Alona quadrangularis*, *Neureclipsis bimaculata*, *Hydroptila* cf. *femoralis*, sowie gelbe Zuckmückenlarven u. a. das biologische Bild nach der  $\beta$ -mesosaproben Stufe, also der mäßigeren Belastung verschieben. Indessen fehlen Eintagsfliegen-Larven, von denen die meisten das reine Wasser charakterisieren.

Nach der Einmündung der Abwasserohle von Kriens her verschlechtert sich das Bild auf einer kurzen Strecke, indem die typischen Abwasserbakterien *Sphaerotilus natans*, *Cladotrix dichotoma* und weitere Spaltpilze, sodann Protozoen wie *Vorticella*, Fadenwürmer, *Colurella caudata*, *Chaetogaster diaphanus*, *Enchitraeiden*, *Limnodrilus*, grüne und braune Zuckmückenlarven und Psychoden den Hauptbestand der tierischen Lebensgemeinschaft bilden. Die Organismenwelt entspricht also der polysaproben bis  $\alpha$ -mesosaproben Belastungsstufe. Wenn dieser hohe Verschmutzungsgrad mehr lokal, d. h. hauptsächlich unweit der Einmündungsstelle der Abwässer nachzuweisen ist, so liegt dies in erster Linie in dem hohen Selbstreinigungsvermögen des sauerstoffreichen, turbulent bewegten Wassers der Reuß begründet.

Eigene Probleme bildet die Kleine Emme (Stelle 2). Durch die häuslichen und industriellen Abwässer aus den großen Entlebucher Gemeinden Escholzmatt, Schüpfheim, Entlebuch, Wolhusen, Emmen, Malter und Littau ist das Flüßchen schon in seinem Ober- und Mittellauf mit Schmutzstoffen bereits ziemlich schwer belastet. Angesichts seiner zeitweise geringen Wasserführung ist das Selbstreinigungsvermögen verhältnismäßig schwach, weshalb der Reinhaltung der Kleinen Emme schon mit Rücksicht auf die von der Stadt Luzern und der ansässigen Industrie genutzten Grundwasser des Tales besondere Aufmerksamkeit zu schenken ist.

Zwar zeigte die Besiedlung des Geröllgrundes der Kleinen Emme am Untersuchungstage kein schlechtes Bild, was wohl auf die radikale Durchspülung des Flußbettes anlässlich des kurz zuvor niedergegangenen Hoch-

Bilder 3, a—d Graphische Darstellung einiger Werte der chemischen Untersuchung der Reuß und ihrer Zuflüsse von Luzern bis zur Mündung in die Aare. Aufnahme vom 18. Juni 1958

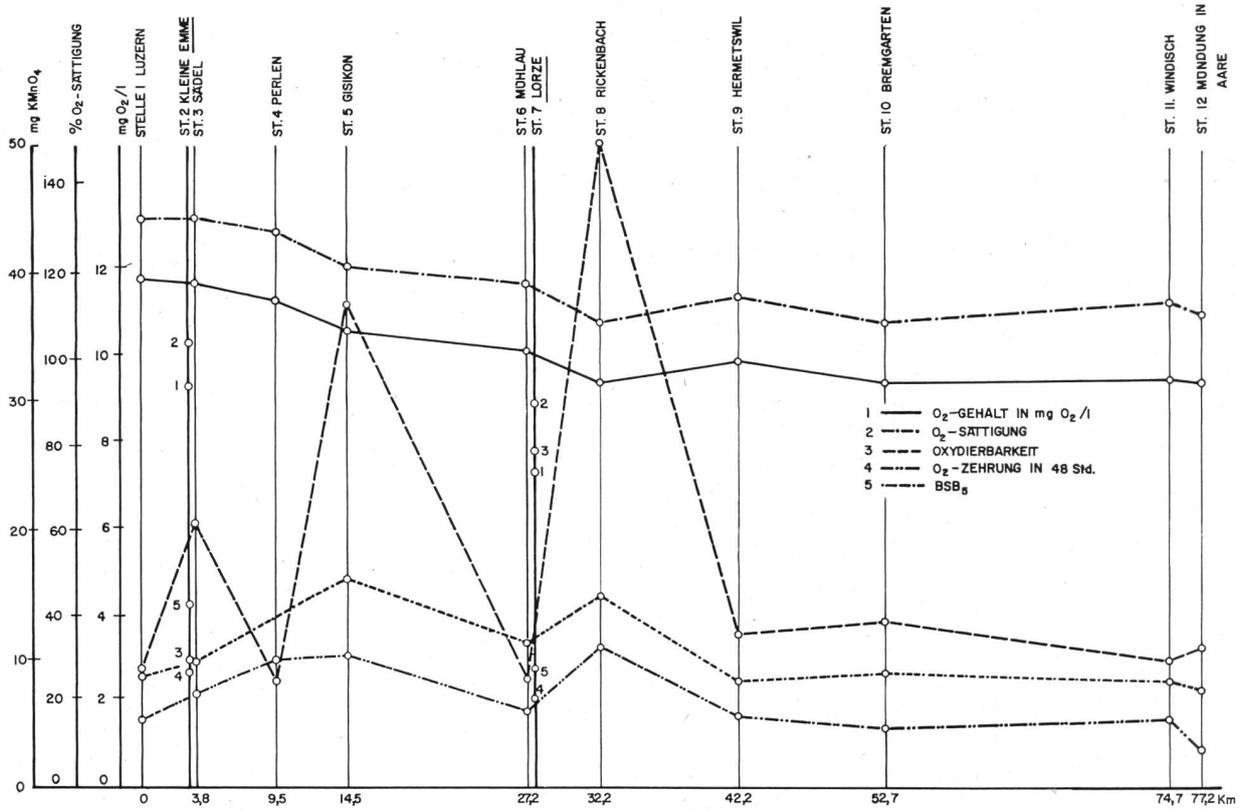


Bild 3a

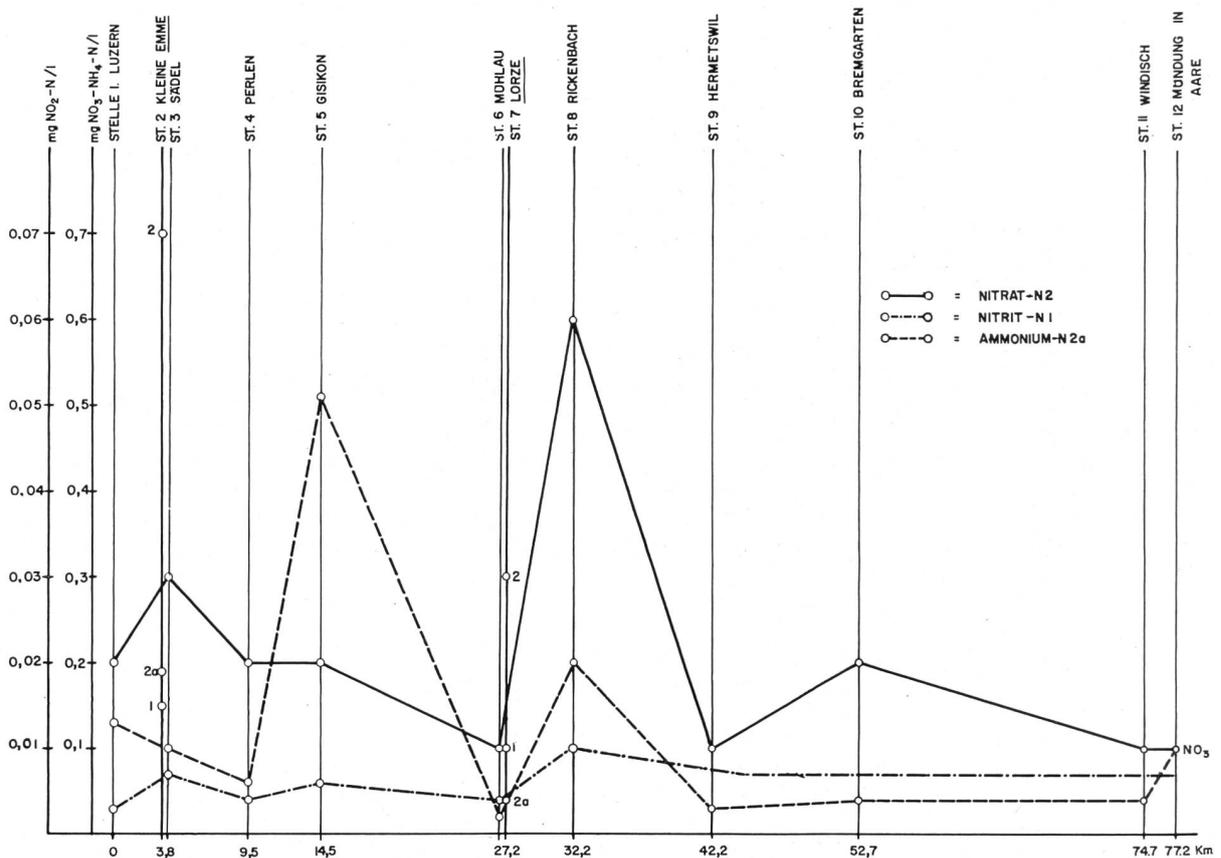


Bild 3b

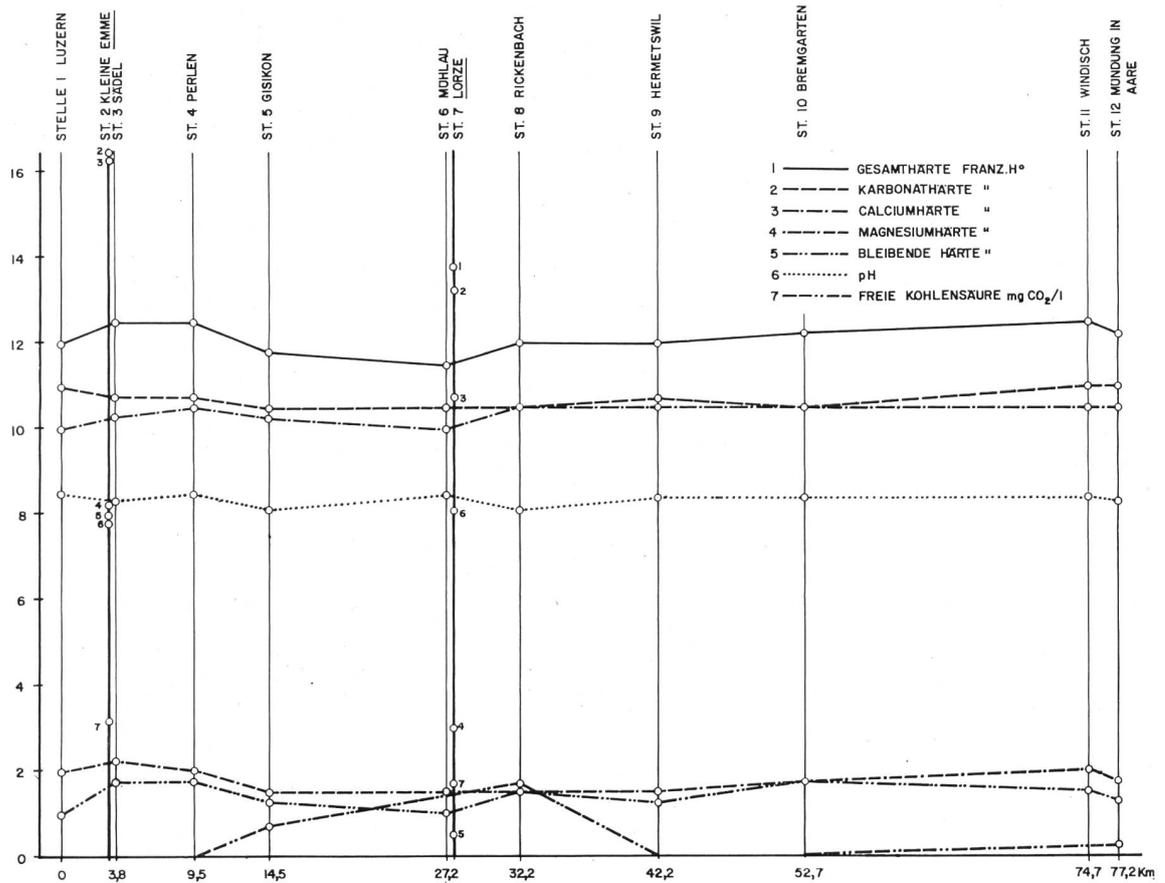


Bild 3c

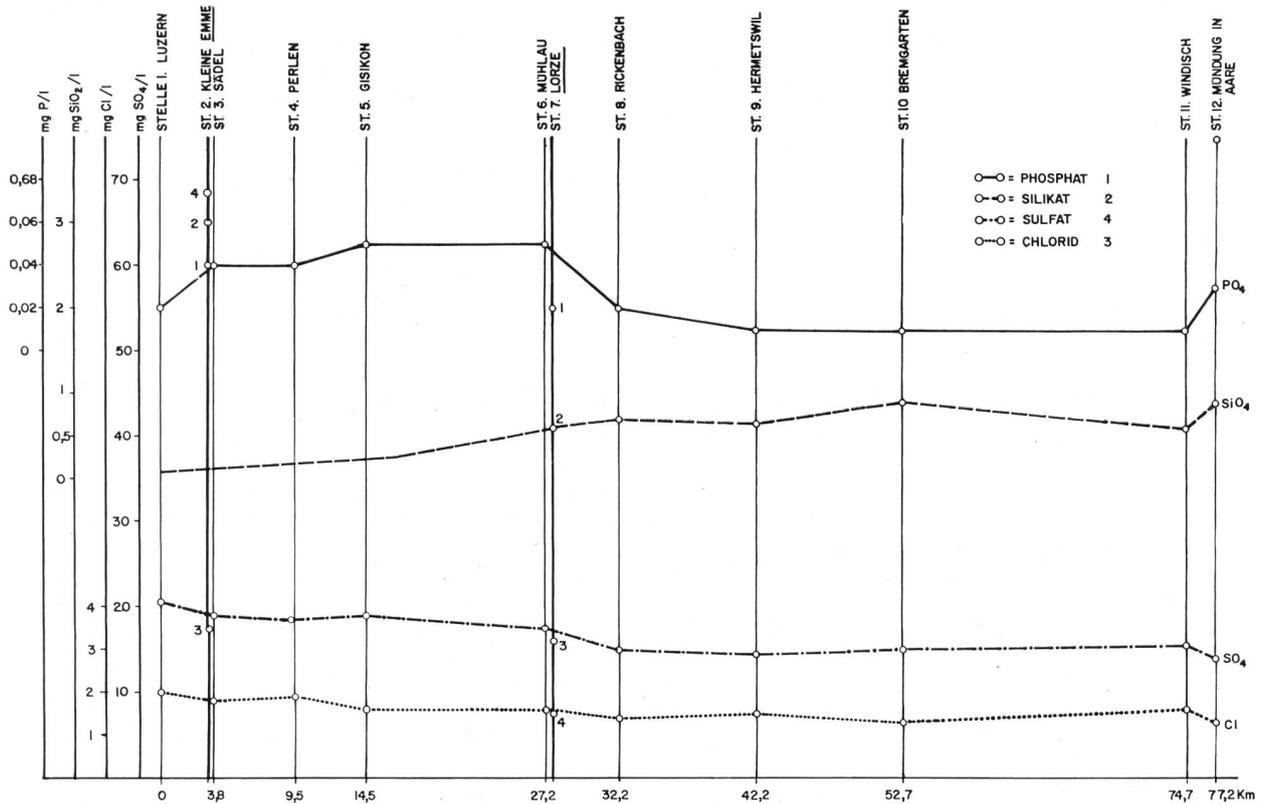


Bild 3d

wassers zurückzuführen ist. In der bräunlich-trüben Färbung seines Wassers und dem ockerbraunen Eisenbelag, mit dem die Gerölle überzogen sind, unterscheidet sich das Fließchen von der mit hellgrünem Wasser dahinfließenden Reuß. In dieser liegt der pH-Wert etwas tiefer; die Gesamthärte ist mit 24,5° doppelt so hoch als in der Reuß, was auf die hohen Werte sowohl der Karbonat- als auch der bleibenden Härte zurückzuführen ist. Der BSB<sub>5</sub> ist mit 4,3 und die Oxydierbarkeit mit 9,9 mg/l ausgewiesen.

Bis auf die Höhe der Straßenbrücke bei *Sädel* (Stelle 3) haben sich die Wasser der Kleinen Emme mit denjenigen der Reuß ziemlich vollständig vermischt. pH-Wert und Härteverhältnisse lassen den Einfluß der offenbar aus industriellen Unternehmungen stammenden salzreichen Abwasser der Kleinen Emme noch deutlich erkennen. Im Vergleich zum Befund beim Seeausfluß erscheint das biologische Bild verschlechtert und trägt die Züge der  $\alpha$ - $\beta$ -mesosaprobe Belastungsstufe. Zwar zeigt das Wasser mit 133% eine starke Sauerstoff-Übersättigung. Der BSB<sub>5</sub> sowie die Werte der Sauerstoffzehrung und der Oxydierbarkeit (20,6 mg/l KMnO<sub>4</sub>-Verbrauch) liegen aber hoch. Die Selbstreinigungs-Vorgänge auf der durchflossenen Strecke genügen also nicht, um im Reußwasser das durch die zugeführten häuslichen und industriellen Abwasser gestörte chemisch-biologische Gleichgewicht wieder herzustellen.

Eine Besserung der Verhältnisse ist dagegen auf der Höhe der Straßenbrücke ob *Perlen* (Stelle 4) deutlich erkennbar, indem insbesondere die Werte der Oxydierbarkeit und des BSB<sub>5</sub> absinken. Die biologische Analyse, gemäß der die Untersuchungsstelle als  $\beta$ -mesosaprobe Stufe beurteilt werden muß, bestätigt diesen chemischen Befund.

Bei *Gisikon* (Stelle 5) macht sich die Belastung, welche die Reuß durch die Industrie in Perlen erfährt, insbesondere im chemischen Bild deutlich bemerkbar. Von 8,4 mg/l springt der Permanganatverbrauch auf 37,8, der BSB<sub>5</sub> von 2,6 auf 4,9 und auch die Ammoniak- (0,5 mg/l) und Nitritwerte erreichen an dieser Stelle den höchsten Stand des ganzen Reußlaufes vom Vierwaldstättersee bis zur Mündung.

Als Selbstreinigungsstrecke läßt sich der Reußlauf von Gisikon bis nach *Mühlau* (Stelle 6) erkennen. Der Gehalt an Ammoniak sinkt von 0,52 auf 0,02 mg/l ab, die Oxydierbarkeit von 37,8 auf 8,5 und der BSB<sub>5</sub> von 4,9 auf 3,4 mg/l. Daß aber eine verhältnismäßig starke Belastung bestehen bleibt, verrät der biologische Befund, gemäß welchem insbesondere auf Grund der ziemlich starken Entfaltung des Strudelwurms *Dendrocoelum lacteum* und des Schlammegels *Herpobdella atotaria* die Untersuchungsstelle bei Mühlau als  $\alpha$ - $\beta$ -mesosaprob bezeichnet werden muß.

Unterhalb Maschwanden erhält die Reuß die Wasser der *Lorze* (Stelle 7). Noch vor seiner Einmündung läßt das Fließchen die starke Belastung erkennen, die es erfährt durch die Abwasser der verschiedenen industriell-gewerblichen Betriebe in Cham. Dies tritt im Wert von 26,8 mg/l KMnO<sub>4</sub>-Verbrauch, insbesondere aber in der biologischen Analyse klar in Erscheinung. Die Zusammensetzung der Lebensgemeinschaft des Grundes und der Ufer der Lorze zeigt den Charakter der  $\alpha$ -mesosaprobe Belastungsstufe. Im Gegensatz zu Reuß und Kleiner Emme ergab sich im Wasser der Lorze ein Sauerstoffsättigungs-Defizit von 10%.

Auf der Höhe von *Rickenbach* (Stelle 8) fallen die hohen Werte der Oxydierbarkeit mit 50,3 und des Ammoniakgehaltes mit 0,2, des Nitrats mit 0,6 mg/l und des BSB<sub>5</sub> mit 4,5 mg/l auf. Ob auf der Kontrollstrecke noch weitere Abwässer die Reuß belasten, ließ sich am Untersuchungstage nicht feststellen.

Bis auf die Höhe von *Hermetschwil* (Stelle 9) erfolgt eine beträchtliche Selbstreinigung in der Reuß, was insbesondere aus dem chemischen, weniger deutlich aus dem biologischen Befund hervorgeht. Die Oxydierbarkeit fällt auf den Wert 11,9, die Sauerstoffzehrung auf 1,7 und der BSB<sub>5</sub> auf 2,5 mg/l zurück. Die Sauerstoffsättigung ist wieder auf 115% angestiegen. Nitrat ist mit 0,1, Nitrit mit weniger als 0,01 und Ammoniak mit 0,03 mg/l ausgewiesen. Wären nicht unter den Geröllen Schlammegel und die Hütchenschnecke *Ancylus fluvialis* überraschend stark vertreten, so könnte die Untersuchungsstelle als  $\beta$ -mesosaprob bezeichnet werden.

Durch die Abwässer der Stadt *Bremgarten* (Stelle 10) erfährt die Reuß eine neue Belastung. Infolge der hohen Wasserführung am Untersuchungstage trat sie in der chemischen und biologischen Analyse nur verhältnismäßig schwach in Erscheinung. Sie dürfte sich aber um so stärker bemerkbar machen, je weniger Wasser in der Reuß abfließt.

Obwohl die Reuß unterhalb von Bremgarten noch die Abwässer aus einer Reihe von Dörfern aufzunehmen hat, vermindert sich dank der Selbstreinigungsvorgänge die Belastung ihres Wassers bis oberhalb von *Windisch* (Stelle 11), was insbesondere im biologischen Befund zum Ausdruck kommt. Auffallend ist hier vor allem die massenhafte Entfaltung der Köcherfliegenlarve *Oligoneurum maculatum*, der Steinfliegenlarve *Nemura* und verschiedener Eintagsfliegenlarven, wie *Ecdyonurus* und *Ephemerella* zu erwähnen. Sie leben in Gemeinschaft mit *Hydropsyche*, *Rhyacophila*, *Apatania*, *Brachycentrus subnubilus* und grünen Zuckmückenlarven, freilich stets untermischt mit *Simulium* und *Herpobdella*; die Belastung ist auch hier noch als  $\beta$ -mesosaprob zu bewerten.

Bis unmittelbar vor der *Reußmündung* in die Aare (Stelle 12) verändern sich die chemischen Verhältnisse kaum mehr. Auch der biologische Charakter bleibt im allgemeinen erhalten. Zu erwähnen wäre höchstens die massenhafte Entfaltung des Flohkrebse *Gammarus pulex*, dem offenbar das am Flußufer angeschwemmte Waldblau einen günstigen Lebensraum schafft.

Die einmalige chemisch-biologische Analyse vom 18. Juni 1958 auf der Strecke vom Vierwaldstättersee bis zur Mündung in die Aare läßt die Reuß also als einen Fluß mit mäßiger, stellenweise aber beträchtlicher Schmutzbelastung erscheinen. Selbstreinigungsstrecken lassen sich erkennen insbesondere in den Abschnitten von Rickenbach bis Hermetschwil und von Bremgarten bis Windisch.

Mehr als eine generelle Beurteilung läßt diese Untersuchung nicht zu. Um das erhaltene Bild zu verfeinern, sind weitere Analysen erforderlich, insbesondere bei Niederwasser und wenn möglich mit einer über 25 Stunden durchgeführten kontinuierlichen Probenentnahme. Eine solche ausgedehntere Untersuchung ist insbesondere erforderlich, um die anzustrebende Reinigungsleistung der geplanten Abwasserreinigungs-Anlagen gemäß dem Belastungsgrad und dem Selbstreinigungsvermögen der Reuß festzulegen.

### 9. Reinhalt-Aufgaben im Einzugsgebiet der Reuß von Luzern bis zur Einmündung in die Aare

Gegenstand eingehender Studien ist zurzeit die Abwasserreinigung eines weiteren Raumes um die Stadt Luzern, für die ein greifbares Projekt in naher Zukunft zu erwarten ist. Auch hier stehen verschiedene Varianten in Konkurrenz. Bis die in Planung begriffene Anlage (möglicherweise mehrere Anlagen) in Betrieb genommen werden kann, werden die Abwässer der Stadt Luzern in Kanälen zu beiden Seiten der Luzerner Seebucht gesammelt und zusammen mit den Abwässern aus Kriens der Reuß zugeleitet. In den Sanierungsplan der Stadt Luzern sind auch die Abwässer aus Littau und Emmen, Kriens und Horw einbezogen. Gesamthaft dürfte mit rund 110 000 Einwohnergleichwerten zu rechnen sein. Vorgesehen ist die Erstellung einer mechanisch-biologischen Anlage, deren Abfluß, evtl. unter Einbeziehung der Gemeinde Meggen, der Reuß zugeführt werden soll.

Im Gebiet der oberen Lorze ist für die Gemeinden Ober- und Unterägeri mit zusammen etwa 2500 bis 3000 Einwohnern und für Baar mit rund 7500 Einwohnergleichwerten die Kanalisation projektiert, und für die Erstellung der Reinigungsanlage sind die Vorarbeiten im Gange.

Wie oben erwähnt, befindet sich die mechanisch-biologische Anlage der Stadt Zug, die für 16 000 Ein-

wohner und zusammen mit den bedeutenden industriellen Abwässern von ungefähr 17 000 Einwohnergleichwerten angelegt wurde, seit 1957 im Betrieb. Die Gemeinde Cham mit etwa 6000 Einwohnern und den Abwässern bedeutender industrieller Unternehmungen mit insgesamt etwa 30 000 Einwohnergleichwerten hat ihre Kanalisation in Ordnung gebracht, und gegenwärtig wird die Sanierung insbesondere der großen Papierfabrik im Detail bearbeitet.

Ungenügend gereinigt gelangen zurzeit noch die Abwässer der Papierfabrik in Perlen mit ungefähr 15 000 Einwohnergleichwerten in die Reuß sowie diejenigen der chemischen Fabrik Lonza in Sins, die freilich in einer Neutralisier- und Reinigungsanlage vorbehandelt werden. Auch die Abwässer der Städte Bremgarten und Mellingen mit zusammen 5000 Einwohnergleichwerten bedürfen noch der Sanierung. Die aargauische Gemeinde Windisch mit etwa 4000 Einwohnern und die zürcherische Ortschaft Obfelden verfügen bereits über Reinigungsvorrichtungen für ihre Abwässer, während sich für Knonau, Hedingen-Affoltern und Ottenbach mit zusammen etwa 6000 Einwohnergleichwerten Projekte im Studium befinden.

Zahlreich und bedeutsam sind die Probleme und Aufgaben, die, so wie für sozusagen sämtliche Landesteile der Schweiz, auch für das Einzugsgebiet der Reuß zu lösen sind. Sie zu verwirklichen ist ein ebenso dringliches wie lohnendes Unternehmen.



Abend am Zugersee (Photo J. Gaberell AG, Thalwil)