

Gewässerschutzprobleme an Staugewässern in der Schweiz

Erwin Märki

Da die Schweiz praktisch keine natürlichen, abbauwürdigen Kohlen-, Öl-, Erdgas- und Uranvorkommen besitzt, mußte zwangsläufig die Wasserkraft und die daraus erzeugbare elektrische Energie erschlossen werden. Rund ein Viertel des heutigen Rohenergiebedarfs wird durch Elektrizität, je ein Drittel durch Kohle und flüssige Brennstoffe und der Rest durch Holz gedeckt. So ist seit 1960 das gesamte Netz der Schweizerischen Bundesbahn elektrifiziert. Die Abhängigkeit der Schweiz vom Ausland bei der Versorgung mit Brennstoffen war in erster Linie die Triebfeder zum raschen und vollständigen Ausbau der Wasserkräfte.

Mit der großen Zahl von Fluß- und Speicherwerken häuften sich auch die Probleme für den Gewässerschutz. Wenn vorerst die Erzeugung von elektrischer Energie im Vordergrund stand, so hat sich mit den Jahren doch die Erkenntnis durchgesetzt, daß neben der Produktion von Elektrizität auch andere Werte im Gewässer beachtet werden müssen.

Es ist nicht möglich im Rahmen dieser Arbeit, ein vollständiges Inventar über die Gewässerschutzprobleme an den Stauräumen in der Schweiz zu vermitteln. Es werden daher einige typische Beispiele ausgewählt, an denen der Verfasser mitgearbeitet hat.

1. Wettingen im Limmattal (unterhalb Zürich)
2. Verbois an der Rhône (unterhalb Genève)
3. Schinznach-Bad an der Aare (Kt. Aargau)
4. Gebirgsstauwerke

1. Wettingen

In den Jahren 1932–33 entstand oberhalb der großen Limmatschleifen bei Wettingen das erste große Limmatwerk, bei dem Stauwehr und Zentrale in einer Achse angeordnet sind. Der Wasserspiegel der Limmat wurde um ca. 20 m gehoben, womit das ge-

samte in den Schotterterrassen eingegrabene Tal eingestaut worden ist. Die Limmat, ein Fluß von einer mittleren Wasserführung von $86 \text{ m}^3/\text{s}$, entwässert die Gegend des Walen- und des Zürichsees. Im gesamten Einzugsgebiet wohnen nach der Volkszählung 1960 mehr als 700.000 Einwohner und mit den Industrien zusammen kann mit einer Abwassermenge gerechnet werden, die dem Schmutzstoffbeiwert von mehr als einer Million Menschen entspricht.

Davon fallen zwei Drittel im Raume von Zürich an. Die Abwasser von Zürich werden seit mehr als 40 Jahren mechanisch geklärt und sie liefern heute eine tägliche Schlamm-Menge von ca. 400 m^3 . Diese Entschlammung entfernt aber nur rund ein Drittel der Gesamtschmutzstoffmenge und die gelösten, fäulnisfähigen Stoffe führen zu massiven primären und sekundären Verunreinigungen im Flußgebiet der Limmat und im Stauraum von Wettingen. So treten Ammoniakkonzentrationen von $1,4 \text{ mg/l}$, BSB_5 -Werte von 14 mg/l und Phosphatmengen von $0,4 \text{ mg/l}$ auf. Die täglich abgeführten Schmutzstoffmengen gemessen am BSB_5 überschreiten den Wert von 30 Tonnen. Der Aufstau brachte eine enorme Vergrößerung des Infiltrationshorizontes und damit ein seitliches Versickern großer, stark verunreinigter Limmatwassermengen mit sich. Nicht abgebaute organische Stoffe verbrauchten die restlichen Sauerstoffmengen und das sauerstoff-freie Infiltrationswasser, das in Pumpstationen gefördert wird, führt zu verschiedenen Schwierigkeiten.

Als erste Störung der Wasserqualität trat die Eisenlösung aus dem Leitungsnetz auf. Sie mußte durch Belüftung unterbunden werden. Kurze Zeit darauf erschien die Massenentwicklung einer Zoogloeaform (Abb. 1). Sie ist sehr sauerstoffbedürftig und ließ sich mit Chlor bekämpfen. Dann trat Mangan in Konzentrationen von ca. $0,3 \text{ mg/l}$ auf, das durch zu hohe Luftmengen im Leitungsnetz ausgefällt wurde. Man konnte schließlich mit einer Sauerstoffkonzentration von $1\text{--}2 \text{ mg/l}$ und Chlor von $0,2 \text{ mg/l}$ alle drei Kalamitäten soweit beheben, daß das Grundwasser wieder als Trinkwasser angesprochen werden konnte. Zudem entstanden sogenannte Badekrankheiten, die sich dahin äußerten, daß Einwohner allergische Hautausschläge bekamen. Die Bekämpfung erfolgte durch Behandeln des Wassers mit Aktivkohle.

Die großen Schlamm-Mengen, die die Sihl (Nebenfluß der Limmat) im Zeitraum von 1932–1960 in den Stauraum von Wettingen brachte, erreichten ein Ausmaß von 670.000 m^3 , die zu 97 % aus feinem Sand und Lehm bestehen. Die restlichen 3 % sind die Folge

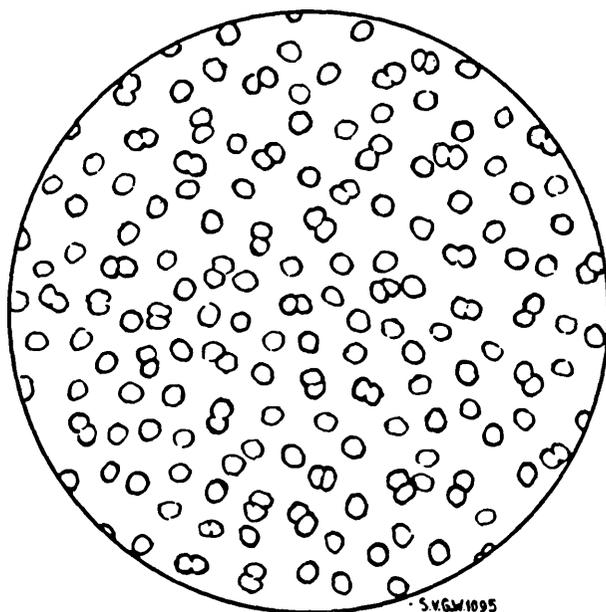


Abb. 1. Zoogloea der Kugelbakterie von Wettingen.

(Aus: Zur Biologie der Wasserversorgungsanlagen. L. Minder, Monatsbulletin SVGW 1936, 5)

der Belastung durch organische Einschwemmungen und aus Kanalisationen.

Mit der Kolmatierung dieser Schlamm-Massen ging eine Abdichtung des Stauraumes parallel und damit begann ein Vorgang, der eine langsame Sanierung der Verhältnisse an den Pumpstationen einleitete.

Auf den Abbildungen 2 und 3 ist der gesamte hydrologisch-chemische Vorgang von 1932—1960 vom Grundwasserwerk Wettingen dargestellt.

Die gegenläufige Entwicklung der aeroben und anaeroben Umsetzungsprodukte ist aus dem Diagramm sehr gut ersichtlich. Im heutigen Zustand ist keine weitere Behandlung des Wassers mehr nötig. Es wäre aber verfehlt, nun aus dieser Entwicklung den Schluß zu ziehen, daß die biologische Reinigung der Abwasser nicht mehr

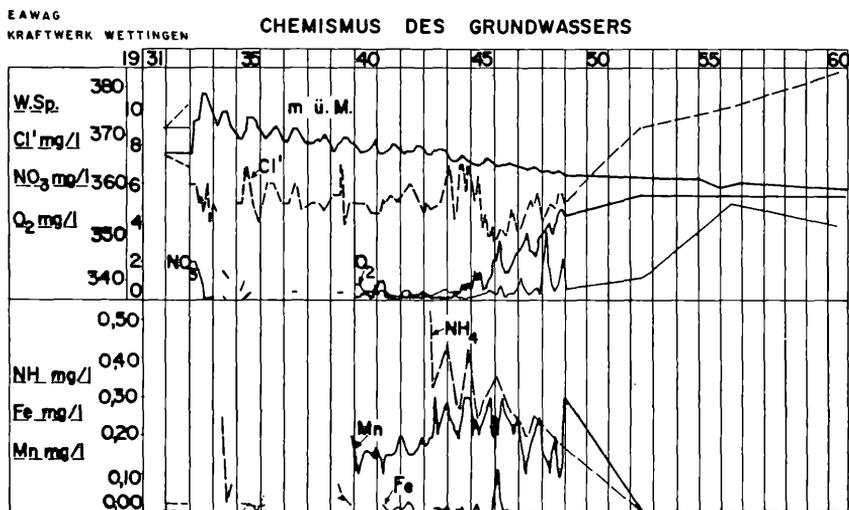


Abb. 2. Chemismus des Grundwassers von Wettingen (1931—1960)
(Zahlenangaben und Diagramme durch die Wasserversorgung der
Stadt Zürich in dankenswerter Weise zur Verfügung gestellt.
Dir. E. Bosshard.)

notwendig sei. 20 bis 30 Jahre sind eine sehr lange Zeit und die verantwortlichen Betriebsleiter einer Wasserversorgung haben viele Unannehmlichkeiten miterlebt. Neue Sorgen treten heute insofern auf, als die frühere natürliche Infiltrationsmenge teilweise verloren ging und die Qualitätssorgen durch solche um die Quantität abgelöst werden.

2. Verbois.

Die Abwässer von Genève erfahren heute noch keine Behandlung durch eine zentrale Kläranlage. Eine solche ist in Planung begriffen und es ist beabsichtigt, durch Sammelleitungen die Abwässer längs des Seeufers des Petit Lac abzufangen und sie unterhalb Genève einer mechanisch-biologischen Reinigungsanlage zuzuführen.

1939—1941 bauten die Services Industriels de Genève (SIG) bei Verbois, 13 km unterhalb des Zusammenflusses, der Rhône mit der Arve, ein Flußkraftwerk, bei dem Zentrale und Stauwehr in einer Achse liegen.

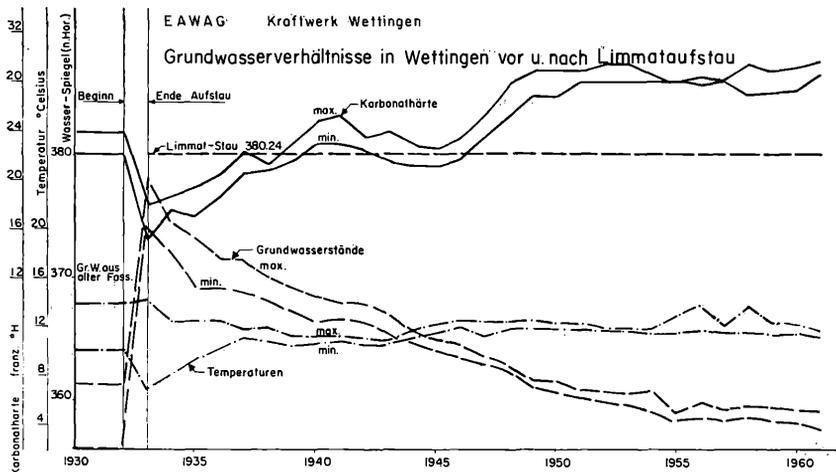


Abb. 3. Grundwasserverhältnisse in Wettingen vor und nach Limmataufstau. Karbonathärte und Grundwasserstände 1930—1961 (Wasserversorgung Zürich)

Nach wenigen Jahren war das Grundwasser, das zur Versorgung der Zentrale und zur Kühlung der Generatoren diente, nicht mehr brauchbar. Es mußten Wege gesucht werden, die Manganausscheidungen in den Kühleinrichtungen zu unterbinden. Nachdem eingehende Versuche gezeigt haben, daß Metaphosphate lösliche Komplexverbindungen bilden, so werden solche Produkte im Versuchsbetrieb zudosiert.

Viel schwierigere Aufgaben stellen sich beim Stau von Verbois deswegen, weil die Arve jährlich ca. 2 Millionen Tonnen Sand, Ton und Kies in den Stau hineinschwemmt. Zudem gelangen noch ca. 3000 Tonnen Faulschlamm aus den Abwassern von Siedlungen und Fabriken dazu, die zusammen ein schwefeleisenhaltiges schwarzes Sediment bilden, das den Stauraum langsam auffüllt. Um dieser Tatsache zu begegnen, werden von der SIG in Abständen von zwei bis vier Jahren sogenannte „Chasse“ durchgeführt, die darin bestehen, daß zuerst der Abfluß der Rhône aus dem Léman gedrosselt wird, unter gleichzeitiger Absenkung des Staues von Verbois. Wenn der Stau entleert ist, wird mit einer vergrößerten Rhône-wassermenge das alte Flußbett ausgeräumt und der Schlamm Rhône-abwärts verfrachtet. Während der Absenkung gleiten die losen

Schlammdeponien seitlich ab und verursachen zusammen mit dem Schlamm im alten Flußlauf ein imposantes Bild einer brodelnden „Kaffeemaschine“ im Tosbecken des Werkes. Die Abbildungen 4 und 5 zeigen den Verlauf der Sauerstoffkonzentration und der Sedimente während den „Chasses“ von 1956 und 1960. Nach Schätzungen der französischen Behörden gehen dabei mindestens 6000 kg der wertvollsten Fische im Schlamm zugrunde. 60 Prozent sind Forellen und Äschen, 25 Prozent sind Hechte und lediglich 5 Prozent sind Barben. Die restlichen Prozente verteilen sich auf die übrigen Sorten. Die Fische, die in einem Schlammwassergemisch von 40–80 cm³/l sedimentierbare Stoffe atmen, filtern mit ihren Kiemen diese Stoffe ab, die die Schleimhäute belegen und zum Erstickungstod führen. Mit der Aufschwemmung der Sedimente werden auch die Zersetzungsprodukte im Schlamm an das Wasser übertragen, was zu einer entsprechenden Sauerstoffzehrung führen muß.

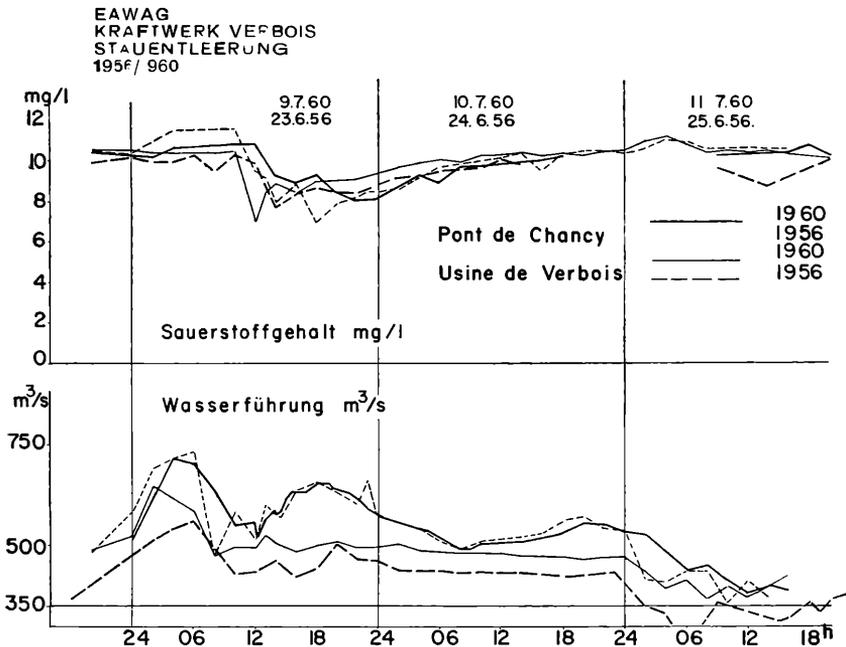


Abb. 4. Kraftwerk Verbois. Stauentleerung
Sauerstoffgehalt und Wasserführung der Rhône 1956 und 1960

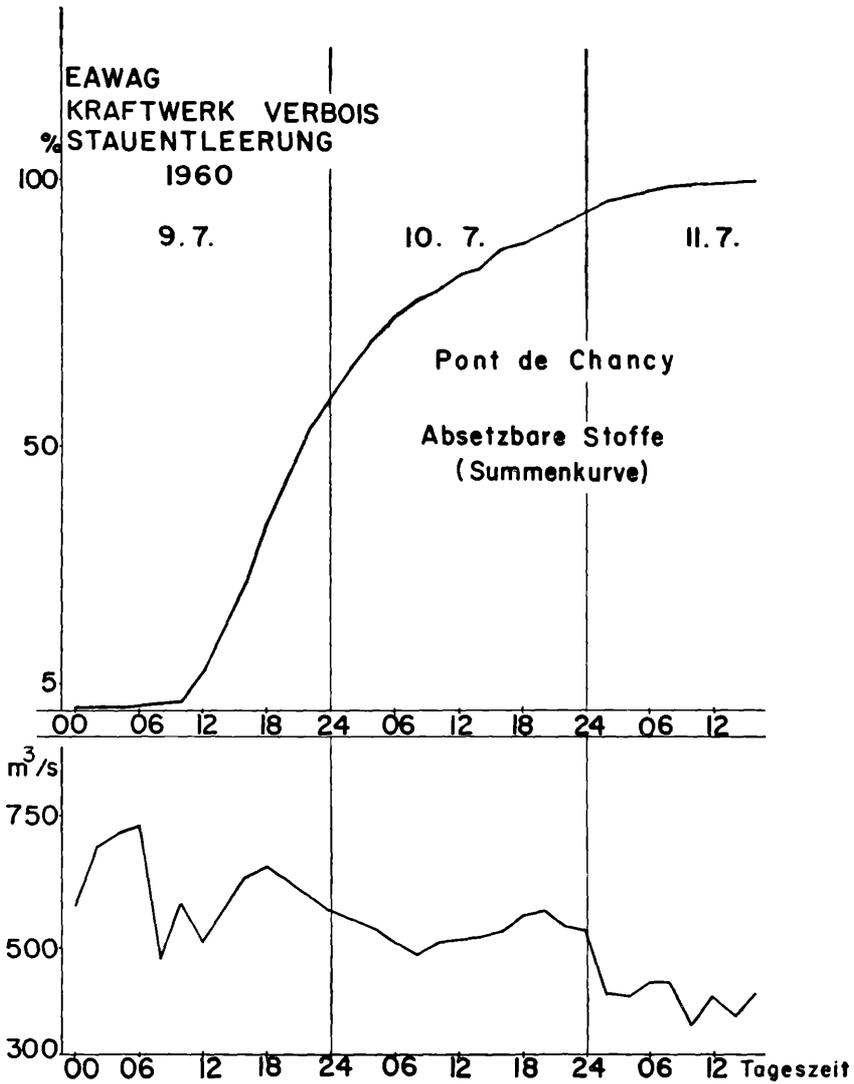
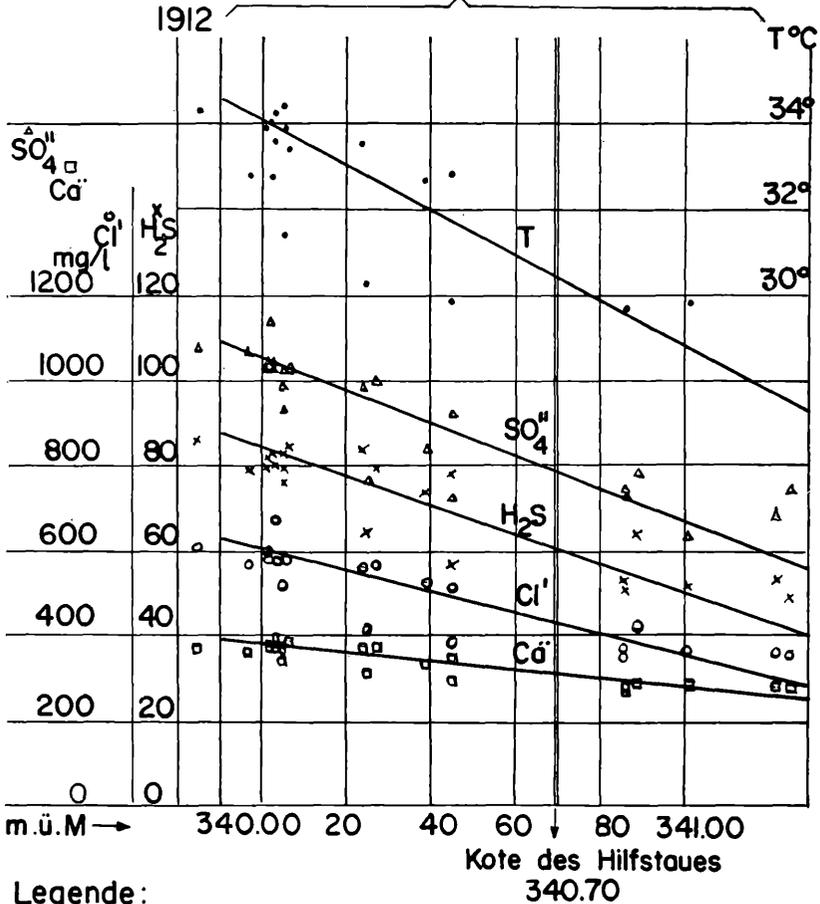


Abb. 5. Kraftwerk Verbois. Stauentleerung Absetzbare Stoffe in der Rhône 1960

Therme Schinznach

vom 3.7.48 – 23.4.49



Legende:

Δ SO₄^{''} □ Ca['] ○ Cl['] x H₂S ; ° Temperatur = T

1912 Werte v. Treadwell

Abb. 8. Chemische Komponenten des Thermalwassers in Abhängigkeit vom Grundwasserstand.

Vor dem Bau beider Werke wurden die Konzessionäre verpflichtet, den chemisch-biologischen Zustand der Flußstrecke vor, während und nach dem Aufstau aufzunehmen und die gesamten Grundwasserhältnisse im engeren Einzugsgebiet studieren zu lassen.

Diese Erhebungen dienten als Grundlage zur Feststellung allfälliger Schäden und zur Ermittlung der Schadenssumme. Die vorsorglichen Maßnahmen führten in der Folge dazu, daß die meisten Einsprachen in gütlicher Art und Weise abgeschrieben werden konnten. Leider gelang es aber nicht, gleichzeitig mit dem Bau der Werke auch die Abwasserhältnisse zu sanieren, da es heute fast leichter ist, 100 bis 200 Millionen Franken in Kraftwerken und Straßen zu verbauen, als 5 Millionen Franken in Kläranlagen. Es ist aber unbedingt notwendig, daß diese Arbeiten koordiniert vorgenommen und auch verwirklicht werden können.

Ein zusätzliches sehr interessantes Problem stellte sich für den Gewässerfachmann beim Kraftwerkbau Wildegg-Brugg. Ziemlich im Zentrum der Konzessionsstrecke liegt das kleine Bauerndorf Schinznach mit den berühmten Schwefelthermen. Die Regierung des Kantons Aargau erachtete es als außerordentlich wichtig, den Bestand des Bades durch den Bau eines Flußkraftwerkes in keiner Weise zu gefährden. Es wurden umfangreiche Expertisen zur Abklärung der sich aufdrängenden Fragen angeordnet.

Die Therme dringt aus Klüften des Hauptmuschelkalkes der mittleren Trias in die darüber liegenden Schottermassen des Aaretales. Diese Schotter führen aber Grundwasser, dessen Niveau durch den Stand des Flußlaufes gesteuert wird. Da die Quellen nicht sehr tief im Fels gefaßt wurden, tritt eine Wechselbeziehung zwischen Thermal- und Grundwasser auf. Bei niederem Grundwasserstand nahm die Ergiebigkeit ab und die Temperatur der Quelle stieg an. Hohe Wasserführung der Aare und hoher Grundwasserstand bewirkten das Gegenteil. Diese Zusammenhänge waren in großen Zügen bekannt und mußten nun im Detail studiert werden. Ein umfangreiches Untersuchungsprogramm, das den Badebetrieb in keiner Weise stören durfte, wurde während sieben Jahren durchgeführt. Neben den hydrologischen Messungen nahmen die chemischen Erhebungen einen breiten Raum ein. Die Ergebnisse der Untersuchungen sind in den Abbildungen 6 bis 8 dargestellt.

Aus den Kurven auf Abbildung 6 ist ein deutlicher Jahresgang der hydrologischen und chemischen Komponenten ersichtlich. Wenn nun durch den Bau des Kraftwerkes und entsprechender Hilfswehre

dafür gesorgt werden kann, daß die Grundwasserverhältnisse um die Therme herum konstant bleiben, so muß auch eine ausgeglichene Badewasserqualität resultieren. Die mutmaßlich zu erreichenden Calciumkonzentrationen von 300 mg/l schwanken in Wirklichkeit zwischen 300 und 315 mg/l; der Schwefelwasserstoffgehalt zwischen 55 bis 63 mg/l anstatt 60 mg/l und der Chloridgehalt von 400 bis 425 mg/l anstatt 420 mg/l (Abb. 7 und 8).

Dieses Beispiel zeigt, daß schwierige Probleme gewässerkundlicher Art dann einer guten Lösung zugeführt werden können, wenn genügend Zeit für die Erstellung der Expertise eingeräumt und ein allseitig wohlwollendes Verständnis diesen Fragen entgegengebracht wird.

4. Gebirgsstauwerke.

Es soll im Rahmen dieser Publikation noch auf zwei Probleme hingewiesen werden, die beim Bau und Betrieb von Gebirgsstauwerken auftreten. In den dazu ausersehenen Landesgegenden erfolgen durch die Bewirtschaftung der Gewässer tiefgreifende Veränderungen im Landschaftsbild. Die Wassermenge, die den Speicher füllen muß, wird aus den angrenzenden Talschaften in den Speicherraum durch Freilaufstollen herangeleitet, und so gehen manchmal größere Gebiete der gesamten Wassermenge verlustig. Zudem bekommen andere Flußstrecken stark verschobene Wasserabflußverhältnisse, da die Winterabflußmengen überdurchschnittlich ansteigen und die Sommerabflüsse gänzlich fehlen. Man ist gegenwärtig daran, im zukünftigen Kraftwerkgebiet des Inns, unterhalb Schuls-Tarasp im Engadin unter anderem auch die Kleinklimaverhältnisse in den flußnahen Gebieten zu studieren, um die Beeinflussung der Vegetation durch den Wasserentzug einmal mit konkreten Werten belegen zu können.

Viel schwerer wiegt die Tatsache, daß durch die Wasserableitung in bewohnten Talschaften die Frage der Abwasserreinigung tangiert wird. In Klärgruben und Faulräumen behandeltes Abwasser verursacht unter den natürlichen Vorflutverhältnissen vielfach keine Schwierigkeiten im Gewässer. Wenn nun das Verdünnungswasser der Talschaft entzogen wird, so sind tiefgreifende Umschichtungen in der Lebensgemeinschaft des Gewässers unvermeidlich. Die Flußbette verkrauten und verschlammten, was Insekten- und Mückenplagen zur Folge hat. Schließlich speisen durch Infiltration diese Gewässer neben den Niederschlägen die Grundwasservorkommen in den Diluvialschottern. Die Nachteile der Versickerung von verun-

reinigtem Wasser sind an den schon erwähnten Beispielen Wettingen und Verbois bekannt. Neben der qualitativen ist aber auch die quantitative Beeinträchtigung möglich und diese letztere Form der Schädigung kann schwerwiegende Folgen für die Talschaft haben; nämlich dort, wo ein Ausweichen in der Beschaffung von Trinkwasser unmöglich ist.

Es ist daher nicht zu umgehen, daß bei der Verleihung von Wasserrechtskonzessionen diese Fragen sehr gründlich und objektiv studiert und entsprechende Vorbehalte in die Bedingungen aufgenommen werden. Die Werke müssen für die Mehraufwendungen aufkommen, die einer Gemeinde dadurch erwachsen, daß sie frühzeitiger an die Abwassersanierung herantreten muß und ein weitergehender Reinigungsgrad der Abwasser notwendig wird.

Die großen Spiegelschwankungen in Jahresspeicherbecken bewirken, daß zu gewissen Jahreszeiten (März bis August) eine breite Uferzone ohne Vegetation das Landschaftsbild nachteilig beeinflusst. Im Hochgebirge fällt dieser Zustand nicht so ins Gewicht, da im allgemeinen nur kleine Vegetationsflächen eingestaut werden. In den Voralpenseen in Höhenlagen von 800 bis 1500 m ü. M. sind die Verhältnisse wesentlich anders.

Das eidg. Amt für Wasserwirtschaft hat schon vor einigen Jahren eine Expertise über die Besiedlung periodisch und befristet überstauter Uferstreifen ausarbeiten lassen. Eine Besiedlung mit Pflanzen hätte den Vorteil, daß die obersten Bodenschichten nicht ständig abgleiten und die freie Wasserfläche trüben würden; zudem hilft sie mit, das Landschaftsbild zu verbessern. Die Ergebnisse dieser Arbeiten sind in den Berichten von Herrn Prof. Dr. O. Jaag in Zürich zusammengefaßt. Sie sind noch nicht publiziert, so daß auf die Ergebnisse im Rahmen dieser Arbeit nicht näher darauf eingegangen werden kann. Es ist eine dankbare Aufgabe für Pflanzensoziologen, Mittel und Wege zu einer Sanierung dieser Verhältnisse zu finden.

Schl u ß f o l g e r u n g e n

Es ist nicht das Ziel im Rahmen dieser Publikation fertige Rezepte für das Vorgehen bei Kraftwerkbauten zu liefern. Bei der Planung von Werken ist es notwendig, rechtzeitig ein beratendes Gremium zu schaffen, indem nicht nur Exponenten der Energiewirtschaft und der Politik vertreten sind, sondern auch Leute, die tagtäglich sich mit den Aufgaben des Gewässerschutzes auseinandersetzen haben. Man braucht sich nicht gerade die Mitarbeit der

militantesten Verfechter dieser Belange zu sichern. Diese haben genug Gelegenheit, in Wort und Schrift für ihr Ideal zu kämpfen. In der Arbeitskommission sind Leute notwendig, die wissen, wie weit die Forderungen gesteckt werden können, damit sie auch realisiert werden. Sie müssen auch ein gewisses Verständnis für Leute anderer Wissensgebiete aufbringen.

Schließlich werden bei gegenseitigem Verständnis und enger Zusammenarbeit aller Beteiligten durch geeignete Schutz- und Sanierungsmaßnahmen viele materielle und ideelle Schäden beim Bau und Betrieb von Stauanlagen verhindert oder gemildert.

L i t e r a t u r

1. Mohler H.: „Der Einfluß von Kraftwerksbauten auf die Eigenschaften des Grundwassers“ *Chimia*, 1949, Vol. 3, Fasc. 6, Seite 129.
2. SIG, Bulletin des Services Industriels de Genève, 17 octobre 1953.
3. Plagnat F. und Nisbet M.: *La Pollution du Rhône. Etude biologique et chimique. Annales de la Station Centrale d'Hydrobiologie appliquée* 1958, Tome 7, p. 191.

Anschrift des Verfassers: Dr. Erwin Märki, Chef der chemischen Abteilung der Eidgenössischen Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz an der Eidgenössischen Technischen Hochschule, Zürich.

D I S K U S S I O N

L a ß l e b e n

Kann das Eisen, das nach Aufstau im staunahen Grundwasser auftritt, aus dem Stauraum selbst stammen?

M ä r k i

In meinem angeführten Beispiel ist das nicht der Fall gewesen. Die Eisenlösung trat im Netz auf, weil das Wasser durch Reduktionsvorgänge aggressiv geworden ist.

W e b e r Gertraud:

Wir haben in Österreich einen ähnlichen Fall, wo wir in der Folge eines Flußstaues eine nachteilige Beeinflussung im Grundwasser feststellten. Es traten eine Vielfalt von Mikroorganismen auf, darunter auch eisen- und manganspeichernde Bakterien. In diesem Zusammenhang möchte ich daher die Frage stellen, ob bei Ihnen nur diese spezifische Zoogloea festgestellt wurde oder auch eisen- und manganspeichernde Bakterien. Weiters interessiert mich auch noch das Problem der Stabilisierung bzw. Entfernung von Mangan mittels Phosphorverbindungen.

Märki

Es sind natürlich auch neben der Zoogloea andere Mikroorganismen aufgetreten, die in den Schleimmassen einen guten Nährboden vorfanden, darunter auch Eisen- und Manganbakterien.

Zur 2. Frage: In einer einjährigen Versuchsreihe wurde festgestellt, welche Phosphatverbindungen geeignet sind, das Mangan komplex zu binden. Dort, wo diese Methode angewandt wird, verläuft die Trinkwasserversorgung ohne Störung.

Liepolzt

Bei der Ableitung der Schlämme ist, wie Sie erwähnt haben, auch ein Fischereischaden entstanden. Sind hierüber exakte Untersuchungen geführt worden?

Märki

Die Untersuchungen wurden sehr eingehend gemacht. So zeigte sich, daß Fische aus dem Schlamm auch nach nachheriger Wässerung nicht mehr ihre Lebenskraft erlangten. Die Kiemen wurden bei allen Fischen schwarz.

Liepolzt

Sind die Fische, und zwar gesunde Exemplare, mit dem Schlamm getestet worden?

Märki

Nein, es wurden nur Fische aus dem bereits verschlammten Fluß in reinem Wasser gehältert, allerdings ohne Erfolg. Die Ammoniakkonzentration im Schlammwasser ist relativ gering, Sauerstoff haben wir in genügender Menge (6 bis 7 mg/l), H_2S war nicht nachweisbar, so bleibt eigentlich nur die Wirkung des Schlammes als Todesursache übrig.

Pechlaner

Sie sprachen von Fisch-Schädigungen durch das mitgeführte Sediment. Ich möchte feststellen, daß bei der Beurteilung dieser Frage die Korngröße und Beschaffenheit der mitgeführten Partikel von Bedeutung ist. Es ist nach den Angaben von Bandt (Deutsche Fischereizeitung 1959, H. 11) nicht anzunehmen, daß feine, tonige Trübungen die Fische direkt schädigen, gefährlich werden können erst grobe, scharfkantige Sandkörner, Schlackenteile u. ä.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Wasser und Abwasser](#)

Jahr/Year: 1961

Band/Volume: [1961](#)

Autor(en)/Author(s): Märki Erwin

Artikel/Article: [Gewässerschutzprobleme an Staugewässern in der Schweiz 78-92](#)