Die Belüftungsanlage Hüttnersee

Autor(en): **[s.n.]**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria**

Band (Jahr): **76 (1984)**

Heft 5-6

PDF erstellt am: **28.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-941203

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.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Ambühl H., 1975, Die jüngste Entwicklung schweizerischer Seen, «Neue Zürcher Zeitung», Beilage Forschung Nr. 53, 5.3.1975.

Ambühl H., 1975, Forschung am Vierwaldstättersee und die jüngste Entwicklung schweizerischer Seen, «Gas, Wasser, Abwasser, Zürich», *55,* Nr. 1, 5–15.

Baccini P., 1976/1977, Untersuchungsdaten der Jahre 1976/1977 (Baldeggersee), Seenforschungslaboratorium der EAWAG/ETH, Kastanienbaum.

Durrer H.K., 1977, Der Baldeggersee und sein Fischbestand, Diplomarbeit, Lehrerseminar Hitzkirch, Zentralbibliothek Luzern, 168 S.

Stadelmann P., 1977, Limnologie als Aufgabe einer kantonalen Gewässerschutzfachstelle, «Wasser, Energie, Luft», *69,* Heft 10, 258–263.

Baumann P., 1978, Weitergehende Gewässerschutzmassnahmen zum Schutze des Baldeggersees, Verbands-Bericht Nr. 135/1, Verband Schweiz. Abwasserfachleute.

Ambühl H., 1979, Der Anteil der Waschmittel-Phosphate bei der Eutrophierung der Seen, «Fischerei-Zeitung», Nr. 2, 28–30.

Gächter R. et. al. 1979, MELIMEX, an experimental heavy metal pollution study (Baldeggersee), mit verschiedenen Ko-Autoren, «Schweiz. Z. Hydrol.», *41,* 165–314.

Stumm W. und *Ambühl H.* (EAWAG), 1979, Gutachten über die Sanierungsmöglichkeiten für den Baldegger- und Hallwilersee, EAWAG, Dübendorf, 101 S., Polizeidepartement des Kantons Luzern, Baudirektion des Kantons Aargau.

Fricker Hj., 1980, OECD Eutrophication Programme, Regional Project alpine Lakes, Bundesamt für Umweltschutz, Bern, 234 S.

Jungo E. und *Schaffner U.*, 1980, Projektwettbewerb Sanierung Baldeggersee, Hallwilersee und Sempachersee, Bericht Baldeggersee: Tanytarsus, unveröffentlichter Bericht, 55 S., Kantonales Amt für Gewässerschutz, Luzern.

Baccini P. und *Joller Th.*, 1981, Transport processes of copper and zinc in a highly eutrophic and meromictic lake (Baldeggersee), «Schweiz. Z. Hydrol.», *43,* 176–199.

Boller M., Eugster J. und *Weber A.*, 1981, Erfahrungen mit der ersten schweizerischen Flockungsfiltration auf der Kläranlage Hochdorf, «Gas, Wasser, Abwasser», *61,* 349–365.

Imboden D.M., Lemmin U., Joller Th., Fischer K.H. und *Weiss W.*, 1981, Lake mixing and trophic state, «Verh. Internat. Verein. Limnol.», *21,* 115–119.

Bossard P., Joller Th. und *Szabo E.*, 1981, Die quantitative Erfassung von Methan im Seewasser, «Schweiz. Z. Hydrol.», *43,* 200–211.

Ambühl H., 1982, Eutrophierungskontrollmassnahmen an Schweizer Mittellandseen, «Z. Wasser, Abwasser, Forsch.», *15,* 113–120.

Imboden D., 1982, Mischungsprozess im Baldeggersee, Mitteilungen der EAWAG, Dübendorf, Nr. 13, 5–10.

Sturm M. und *Niessen F.*, 1982, Die Oberflächensedimente des Baldeggersees: Sedimentologische Untersuchungen im Zusammenhang mit den Sanierungsmassnahmen des eutrophen Baldeggersees, EAWAG, Dübendorf, unveröffentlicht, 11 S.

Züllig H., 1982, Untersuchungen über die Stratigraphie von Carotinoiden im geschichteten Sediment von 10 Schweizer Seen zur Erkundung früher Phytoplanktonentfaltungen, «Schweiz. Z. Hydrol.», *44,* 1–98.

Imboden D., 1983, Interne Massnahmen am Baldeggersee, «Neue Zürcher Zeitung», Nr. 85 vom 13. April 1983.

Imboden D.M., Lemmin U., Joller T. und *Schurter M.*, 1983. Mixing processes in lakes: mechanisms an ecological relevance, «Schweiz. Z. Hydrol.,» 45, 11–44.

Joller Th., 1983, Pilotstudie zur Sanierung der drei Mittellandseen Baldegger-, Hallwiler- und Sempachersee, Mitteilung der EAWAG, Dübendorf, Nr. 15, 1–5.

Stadelmann P., Joller Th. und *Imboden D.*, 1983, Die Auswirkungen von internen Massnahmen im Baldeggersee: Zwangszirkulation und Sauerstoff-Begasung des Hypolimnions, «Intern. Verein. Limnol.», *21,* in Vorbereitung.

Stumm W., Imboden D. und *Joller Th.*, 1983, Versuche am Baldeggersee zur Zwangszirkulation und Begasung des Tiefenwassers, EAWAG, Dübendorf, unveröffentlichter Bericht, 15. Februar 1983, 85 S.

EAWAG, 1984. Versuche am Baldeggersee zur Zwangszirkulation und Begasung des Tiefenwassers mit Sauerstoff in den Jahren 1982 und 1983, Schlussbericht; ein Auftrag des Polizeidepartementes des Kantons Luzern, Nr. 4662, EAWAG, Dübendorf, Mai 1984, 63 S.

Verdankungen
Die neuesten limnologischen Untersuchungen wurden von der Abteilung Hydrobiologie der EAWAG (Professor Dr. *H. Ambühl*) ausgeführt. Die Isopleten-Darstellungen wurden von *Th. Joller* ausgearbeitet, und *A. Riechsteiner* (Kantonales Labor) half bei der Probenahme auf dem Baldeggersee mit. Die wissenschaftliche Projektleitung für die see-internen Massnahmen lag bei Dr. *D.M. Imboden* (EAWAG).

Adresse des Verfassers: Dr. sc. nat. ETH *Pius Stadelmann,* kantonales Amt für Gewässerschutz, Klosterstrasse 31, 6002 Luzern.

Die Belüftungsanlage Hüttnersee

Wie die Mehrzahl der Seen im schweizerischen Mittelland leidet auch der Hüttnersee an den Folgen der Überdüngung (Eutrophierung) mit Pflanzennährstoffen, insbesondere mit Phosphor. Dadurch wird der See zu einer intensiven Algenproduktion angeregt. In der Folge stellte sich während der Sommermonate im Tiefenwasser ein durch absterbendes Algenmaterial verursachter Sauerstoffschwund ein. Der Phosphorgehalt im Hüttnerseewasser beträgt gegenwärtig rund das Dreifache der tolerierbaren Menge. Der Sauerstoffvorrat wurde deshalb nach der periodischen Regeneration im Frühjahr jeweils bereits in wenigen Wochen vollständig aufgezehrt. Zwischen August und Oktober war die Region unterhalb von 3 m Seetiefe vollkommen sauerstofffrei und stand als Lebensraum für höhere Lebewesen nicht mehr zur Verfügung.

Die Ursachen der Überdüngung des Hüttnersees

Phosphor gelangt aus verschiedenen Quellen in unsere Gewässer: über Abwassereinleitungen, Auswaschungen aus der Atmosphäre, als unvermeidliche Verluste aus der Landwirtschaft und als vermeidbare landwirtschaftliche Verluste. Für den Hüttnersee waren in der Vergangenheit Abwassereinflüsse und vermeidbare landwirtschaftliche Verluste entscheidend. Die Abwassersanierung in seinem Einzugsgebiet ist heute weitgehend abgeschlossen. In der Landwirtschaft sind leider teilweise noch immer Bewirtschaftungsformen üblich, die den See schädigen können (Düngen von schneebedeckten, gefrorenen oder durchnässten Böden usw.). Neben diesen externen Faktoren war im Hüttnersee mit seinem sauerstofffreien Tiefenwasser die Eigendüngung aus dem Nährstoffdepot im Sediment von grosser Bedeutung.

Gewässerschutz-Strategie

Will man den Zielsetzungen des eidgenössischen Gewässerschutzgesetzes gerecht werden und den Hüttnersee als Erholungsgebiet nicht ernsthaft gefährden, so müssen nunmehr neben weitergehenden Massnahmen zur Herabsetzung der Nährstoffzufuhr see-interne Verbesserungen vorgenommen werden. Diese sollen im Sommer durch Belüften des Tiefenwassers die Eigendüngung verhindern und im Winter die natürliche Regeneration durch Zirkulationshilfe fördern.
Der kürzlich durch den Regierungsrat bewilligte Kredit ermöglichte nun die Installation einer derartigen Belüftungsanlage (welche im Winter als Zirkulationsanlage betrieben wird). Der Betrieb wurde im Dezember 1983 aufgenommen.

Näheres zur Belüftungsanlage

Die sichtbaren Teile der Anlage (sie ist 300 m ausserhalb der Badanlage in der Seemitte verankert) haben bescheidene Abmessungen. Die bedeckte Seefläche beträgt 2 × 10 m und der Aufbau über einer Fläche von 2 × 2 m ragt rund 1 m, der übrige Aufbau nur ½ m über den Seespiegel empor. Lärm- und Geruchsemissionen sind keine entstanden. Das Annähern und Betreten des Schwimmkörpers durch Badende ist ungefährlich und daher statthaft. Im Winter wird die Seefläche im engeren Bereich der Anlage allerdings eisfrei bleiben und muss mit Rücksicht auf Schlittschuhläufer abgeschrankt werden.
Nach Versuchen im oberen Zürichsee gab der Kanton Zug im Juli 1981 die Erlaubnis zum Erproben einer Anlage mit 50 kg/Tag Eintrag von gelöstem Sauerstoff im Wilersee bei Menzingen. Die dort eingesetzten Felchen und Regenbo-

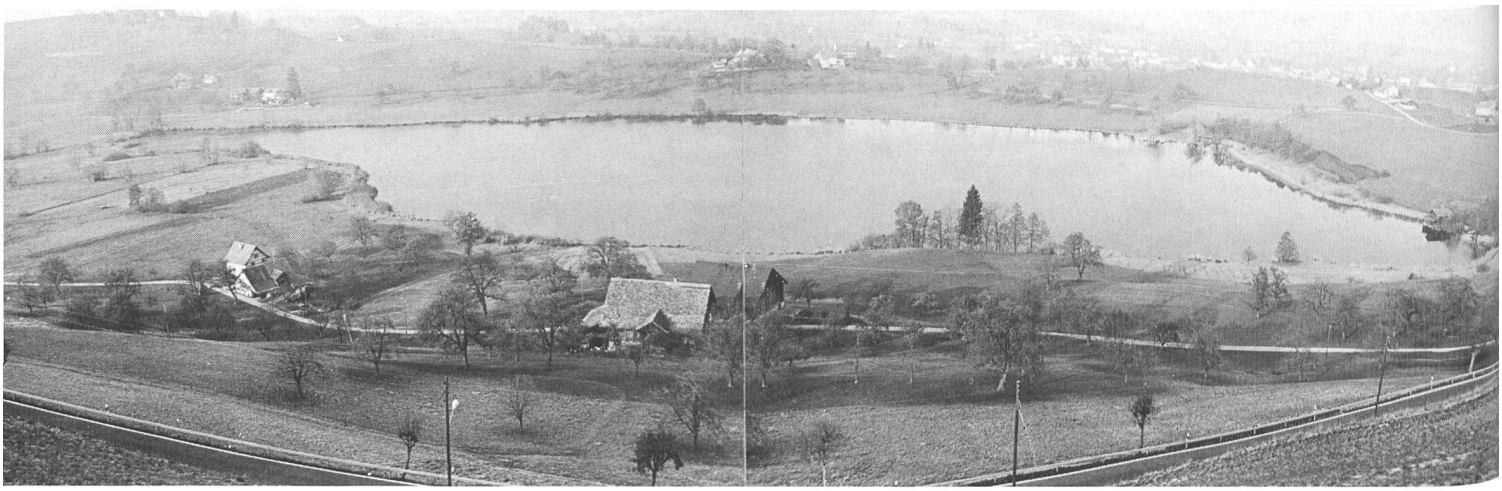

Bild 1. Der Hüttnersee liegt südlich von Wädenswil, zwischen Zürichsee und Sihltal. Blick nach Norden auf den See von der Strasse Hütten–Schindellegi aus.

genforellen gedeihen, und der Sauerstoffgehalt im ganzen See ist immer über den vom Gesetz verlangten 4 mg/l. Der Seeschlamm hat eine obere, abisolierende Oxydationsschicht erhalten. Sie ist mit 1,5 cm gemessen worden und verhindert die Rücklösung von Phosphor im Seewasser.

Das Gerät ist über gemeinsame Patente der Cellulose Attisholz AG und der Locher & Cie AG weltweit geschützt. Es ist primär als Tiefschachtverfahren für Kläranlagen entwickelt worden.

Die Aufgabe, die für den Hüttnersee gestellt wurde, ist die folgende: Während der Vegetationsperiode ist die Schichtung des Seewassers ungestört zu lassen. Im gesamten kalten Tiefenwasser des Sees ist Sauerstoff zu lösen.

Sie wird gelöst:

– über extrem feinblasig verteilte Luft (ein Liter Blasen von 1 mm Durchmesser haben 6 m² Oberfläche),

– unter möglichst langer Kontaktzeit der Luftblasen im Wasser (hier 60 Sekunden, bis 180 Sekunden in Anlagen für 30 m und mehr Seetiefe),

– mit einer grossen Durchsatzmenge von Tiefenwasser (das gesamte kalte Tiefenwasser durchfliesst einmal in 5 Tagen das Gerät),

– durch Ausblasen des Stickstoffanteiles der Luft, bevor das mit Sauerstoff angereicherte Tiefenwasser wieder in die Tiefe taucht.

Die Anlage ist bemessen auf eine Eintragsleistung von 150 kg gelösten Sauerstoff pro Tag. Die geräuschlose, wartungsarme Pumpe von 7,5 kW Leistung – das entspricht dem Anschlusswert von nur 6 Dampfbügeleisen – holt eine kleine Menge von kaltem Tiefenwasser, sog. Antriebswasser, aus der tiefsten Zone, die hier etwa 12 m unter dem Seespiegel liegt. Dieses wird in einem Injektor mit äusserst feinblasiger Luft durchsetzt. Der Sauerstoff im perlenden Wasser-Luft-Gemisch beginnt sich schon im Wasser zu lösen, während dieses mit etwa 50 cm/s nach unten strömt. Die Luftblasen versuchen, dem Wasser gegen oben mit 25 cm/s zu enteilen. Sie werden jedoch mitgerissen; dies führt zu einer langsamen Bewegung der Luftblasen von etwa 25 cm pro Sekunde nach unten. Nach etwa 40 s Kontaktzeit treffen Luftblasen und Antriebswasser im Steigschacht auf grosse Mengen nicht oder weniger gesättigtes Tiefenwasser. Das zum Teil schon gut mit Sauerstoff angereicherte Antriebswasser verteilt sich, und das Lösen von Sauerstoff setzt sich fort. Das Wasser mit den Luftblasen ist leichter als das Umgebungswasser. Dieses drückt bei der Entnahmestelle von unten nach oben: Wir haben den sogenannten Mammut-Pumpen-Effekt, der den Durchsatz grosser Wassermengen möglich macht. Nach dem Durchlaufen der horizontalen Vergasungszone ist der Stickstoff ausgeblasen und praktisch nur noch Sauerstoff im Wasser gelöst. Es wird, ohne die oberflächennahe Vegetationszone zu berühren, dem kühlen Tiefenwasser zugeführt.

Da im Winter alles Seewasser ungefähr gleich kalt ist, darf dann ohne Schaden das mit Sauerstoff angereicherte Wasser horizontal fliessend in den See abgegeben werden. Bei gefrorenem See bildet sich beim Ausfluss aus der Anlage eine eisfreie Zone. Der Sauerstoff breitet sich auch unter dem Eis aus. Ist der See eisfrei, so wird das Wasser ebenfalls horizontal eingeleitet: Wir helfen dem Wasser in der Umwälzung und bei der natürlichen Sauerstoffanreicherung.

Wieviele Jahre die Belüftung aufrechterhalten bleiben muss, ist noch nicht vorauszusehen. Unbekannt ist vor allem, wie das Ökosystem See auf diesen Eingriff im einzelnen reagieren wird und wie wirkungsvoll sich die Nährstoffzufuhr einschränken lässt.

Fischereilicher Versuch im Hüttnersee

Parallel zur Inbetriebnahme der Seebelüftung wird durch die Fischerei- und Jagdverwaltung ein Fischversuch angesetzt. Nachdem Edelfische Minimalsauerstoffbedürfnisse von 4 mg/l Wasser besitzen, können mit dem Heranwachsen dieser Fische allfällige Sauerstoffkonzentrations-Erhöhungen im See bestätigt werden. Es ist deshalb vorgesehen, dass erstmals im Frühjahr 1984 Seeforellen-, Felchen-

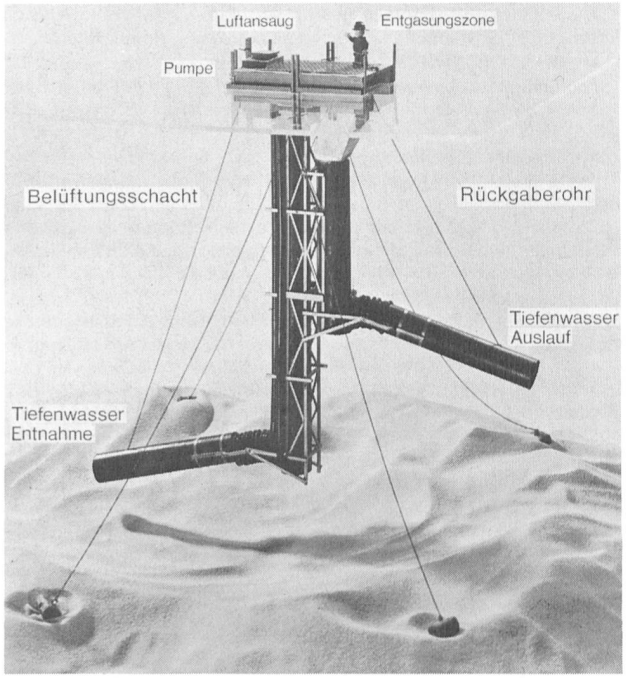

Bild 2. Das Seelüftungsgerät «Locher», das im Hüttnersee im Einsatz steht.

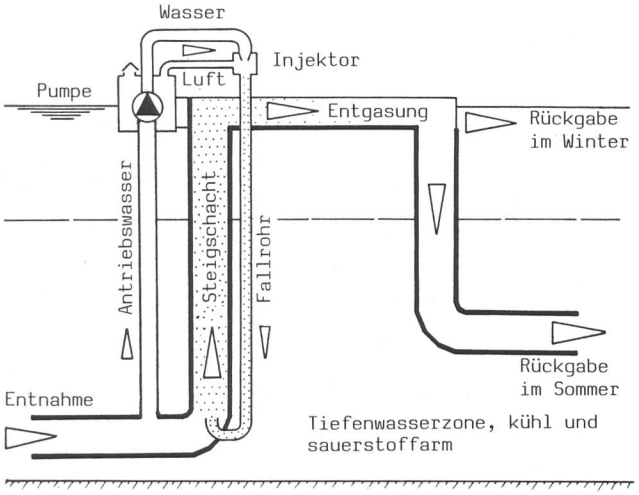

Bild 3. Die Funktionsweise des Seelüftungsgerätes im Hüttnersee.

und Regenbogenforellen-Brütlinge bzw. Sömmerlinge ausgesetzt werden. Diese Einsätze werden anschliessend während mindestens 3 Jahren wiederholt. Wachsen diese Fische zu mehrjährigen Tieren heran und können sie gar in grösseren Seetiefen gefangen werden, so ist damit nachgewiesen, dass in der Seetiefe im Vergleich zu heute Verbesserungen eingetreten sind.

Schwingungsverhalten von Maschinen mit der Modalanalyse sichtbar gemacht

Die Modalanalyse macht das Verhalten eines schwingungsfähigen Systems mit seinen Eigenschwingungen deutlich. Die Eigenschwingung ist durch die modalen Parameter Eigenfrequenz, Dämpfung und Eigenform charakterisiert. Grundsätzlich können solche Parameter sowohl analytisch als auch experimentell gewonnen werden. Wesentlicher Vorteil der experimentellen Modalanalyse ist, dass von gemessenen physikalischen Werten ausgegangen wird. Man umgeht damit die Schwierigkeit, ein analytisches Modell zu formulieren.

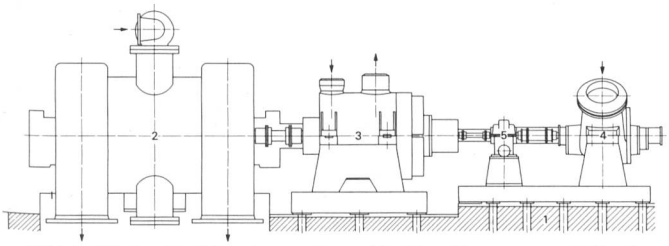

Bild 1. Mit der Modalanalyse untersuchte Maschinengruppe. 1 Fundament, 2 Dampfturbine, 3 Kesselspeisepumpe, 4 Zubringerpunpe.

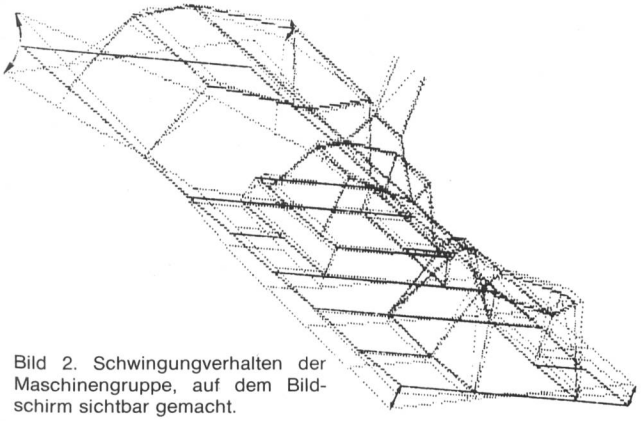

Bild 2. Schwingungverhalten der Maschinengruppe, auf dem Bildschirm sichtbar gemacht.

Minicomputergestützte Geräte nehmen Messwerte auf und werten sie in kurzer Zeit aus. Sie liefern ausser den Werten der modalen Parameter ein bewegtes Bild der Eigenschwingung. Dieser visuelle Einblick in die dynamischen Bewegungsvorgänge allein führt häufig schon zu entscheidenden Erkenntnissen. Die experimentelle Modalanalyse bietet sich überall dort als effizientes Hilfsmittel an, wo das Schwingungsverhalten einer bestehenden Struktur zu ermitteln ist. Eine solche Struktur ist zum Beispiel die Kesselspeisepumpe-Gruppe für einen 600-MW-Kraftwerksblock. Die Pumpe steht zusammen mit Antriebsdampfturbine und Zubringerpumpe (samt Untersetzungsgetriebe) auf einem gemeinsamen Betonfundament. In bestimmten Betriebszuständen wurden Schwingungen mit erhöhten Amplituden an den Pumpenlagern festgestellt, ausserdem Verschleisserscheinungen an der Kupplung. Aus vorangegangenen Untersuchungen war bekannt, dass die niedrigste kritische Drehzahl des Rotors ausserhalb des Betriebsbereichs liegt und damit als Ursache ausscheidet.

Die experimentelle Modalanalyse sollte nun Aufschluss darüber geben, inwieweit Eigenschwingungen des Fundaments oder lokale Eigenformen der Pumpen Ursache für die grossen Schwingungsamplituden sein können. Dazu wurde das Fundament von einem elektrohydraulischen Schwingungsgenerator erregt und die «Antwort» an 80 ausgewählten Punkten mit insgesamt 180 Freiheitsgraden gemessen.

Diese Untersuchungen an der stillstehenden Maschine zusammen mit ausgedehnten Betriebsmessungen ergaben als Ursache, dass sich Eigenfrequenzen thermisch bedingt verschieben. Dadurch fällt eine Fundamenteigenfrequenz mit einer örtlichen Pumpeneigenschwingung zusammen. Die zugehörige scharfe Resonanzspitze ist damit Ursache des Ansteigens der Schwingungsweite unter ganz bestimmten Drehzahl- und Temperaturbedingungen der Anlage.

J. Eberl

Al ritmo dei corsi d'acqua

Daniel Vischer

Anno dopo anno, il Servizio idrologico nazionale pubblica un volume dal titolo: *«Annuario idrologico della Svizzera»*. L'«utente» si è oramai da tempo abituato, è una cosa ovvia, non suscita più meraviglia. Eppure, che abbondanza di informazioni è racchiusa fra la copertina grigia, senza pretese, di questo libro.

Recentemente è apparso il volume 1981, il 65mo di una lunga serie. E redatto nelle tre lingue nazionali: tedesco, francese e italiano. Nel capitolo introduttivo è descritto il carattere idrologico del 1981, che fu particolarmente umido e di una idraulicità molto elevata. Il deflusso annuale ha toccato, per certi corsi d'acqua, limiti da primato. Seguono poi i valori correspondenti sotto forma di tabelle e diagrammi; qui troviamo, da una parte i livelli misurati dei grandi laghi, di numerosi corsi d'acqua e di alcune falde freatiche e, d'altre parte, calcolate partendo da questi livelli, le portate dei corsi d'acqua. Il tutto completato da preziose indicazioni statistiche, quali i valori medi ed estremi di eventi. Tutto ciò riflette il minuzioso lavoro di racolta e di elaborazione dei dati di 326 stazioni, ripartite su tutta la rete idrografica svizzera, effettuato dal Servizio idrologico nazionale.

Esteriormente una stazione idrometrica si presenta sotto la forma di cabina dall'aspetto architettonico modeste e portante la scritta «Stazione idrometrica federale». In essa sono contenuti gli istrumenti necessari alle misure e, fra