

Zeitschrift: Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria
Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband
Band: 76 (1984)
Heft: 11-12

Artikel: Korrosion in den Trinkwasser-Versorgungssystemen der Schweiz : Ursprung und Kontrolle, praktische Beispiele
Autor: Ginocchio, Julio C.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-941235>

Nutzungsbedingungen

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

Conditions d'utilisation

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

Terms of use

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

Download PDF: 11.02.2026

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

Korrosion in den Trinkwasser-Versorgungssystemen der Schweiz

Ursprung und Kontrolle. Praktische Beispiele.

Julio C. Ginocchio

Die Korrosion in den Versorgungssystemen mehrerer schweizerischer Städte und Dörfer verursacht nicht nur schwerwiegende mechanische Schäden, sondern beeinträchtigt auch die Qualität des Trinkwassers. Dies führt zu Unannehmlichkeiten wie auch zu Protesten seitens der Bevölkerung.

In den letzten Jahren wurde durch Untersuchungen ermittelt, dass die Korrosion im Inneren von Eisenrohren, die zu diesen Versorgungssystemen gehören, hauptsächlich auf die folgenden Faktoren zurückzuführen ist:

- Das Grundwasser ist weich und enthält eine verhältnismässig hohe Konzentration von freiem Kohlendioxid.
- Das Wasser verschiedener Schweizer Seen hat an den Stellen, an denen sich Wasseransaugrohre befinden, einen negativen Langelier-Index.
- Das Wasser enthält einen geringen Anteil oder sogar überhaupt keinen gelösten Sauerstoff. Gelegentlich tritt Schwefelwasserstoff auf.
- In Touristenorten ist ausserhalb der Saison häufig Wasserstagnation anzutreffen, die Anzahl der Einwohner vermindert sich bis ein Zehntel der Maximalzahl.
- Das Wasser ist ein Gemisch von Wasserarten verschiedener Alkalinität, so dass sich Wasser mit negativem Langelier-Index ergibt. Sehr oft vermischt sich Oberflächenwasser mit Grundwasser.
- Die Ansäuerung des Wassers während des Reinigungsvorgangs ergibt sich aufgrund der Zugabe von sauren Chemikalien wie z.B. Flockungsmittel.

a)
Das in der «Bioggio»-Anlage der städtischen Versorgungsbetriebe in Lugano aufbereitete Grundwasser ist weich (temporäre Härte = 5° f). Es enthält eine verhältnismässig hohe Konzentration aggressiven Kohlendioxids. Es hat einen niedrigen pH-Wert (6,6). Bild 1 zeigt die Anordnung dieser Aufbereitungsanlage, in der das angreifende Grund-

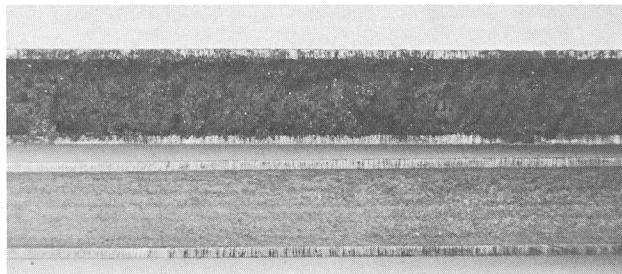


Bild 2. Zwei Wasserleitungsrohre in Bioggio, die beide während zweier Jahre verwendet wurden, das obere für Rohwasser, das untere für aufbereitetes Wasser (bei gleicher Fördergeschwindigkeit).

wasser durch einen Filter geleitet wird und mit halbkalziniertem Dolomit ($MgO-CaCO_3$) in Berührung kommt, um das aggressive Kohlendioxid dieses Wassers zu neutralisieren und seine Alkalinität zu erhöhen. Die Wirksamkeit dieser Aufbereitung wird in Bild 2 gezeigt; die zwei verzinkten Rohre leiteten zwei Jahre lang Roh- und aufbereitetes Wasser mit gleicher Geschwindigkeit weiter. Das unaufbereitete Wasser verursachte schwere Korrosionen; die Zinkschicht wurde zerstört, und es bildete sich eine umfangreiche Rostschicht (hauptsächlich Goethit $d-FeO.OH$). Ein Drittel der Rohrwanddicke ist bereits zerfressen. Das Rohr mit dem gefilterten Wasser blieb dank Schutzschicht intakt. Die Entsäuerung durch Dolomit ist ein einfaches und zuverlässiges Verfahren. Trotzdem sind die folgenden Punkte zu beachten:

1. Unmittelbar nach der Inbetriebnahme eines solchen Ent-säuerungsfilterbettes hat das aufbereitete Wasser einen ausserordentlich (alkalischen) pH-Wert von mitunter mehr als 10. Während dieser Periode nimmt die Magnesiumkonzentration im aufbereiteten Wasser erheblich zu. Gleichzeitig wird das Gleichgewicht beim Kalziumkarbonat nicht mehr erreicht, so dass ein Niederschlag des Kalziumkarbonats auf der Oberfläche des Filterbettes einsetzt. Im Laufe der Zeit nimmt die Magnesiumhärte ab und die Kalziumhärte zu.
2. Wird die Ent-säuerungsanlage bei unter 70% ihrer Nennleistung betrieben, führt dies ebenfalls zu einem Niederschlag von Kalziumkarbonat. Unter bestimmten Voraussetzungen kann dies dazu führen, dass das Dolomitfiltermaterial an-

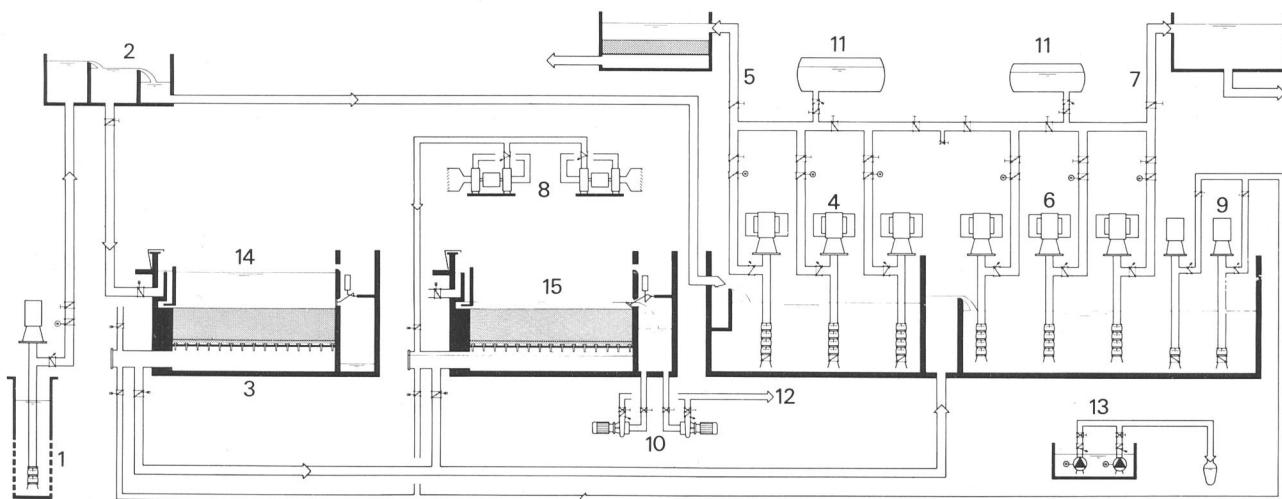


Bild 1. Grundwasser-Aufbereitungsanlage «Bioggio» der städtischen Versorgungsbetriebe der Stadt Lugano.

- | | | |
|--------------------------------|----------------------------|------------------------|
| 1 Grundwasserpumpwerk Manno | 6 Förderungspumpen (Gemmo) | 11 Druckwindkessel |
| 2 Grundwasserverteilungskammer | 7 Förderungsleitung zum | 12 ARA |
| 3 Filter | Reservoir (Gemmo) | 13 Entwässerungspumpen |
| 4 Förderungspumpen (Massagno) | 8 SpülLuftgebläse | 14 Filter in Betrieb |
| 5 Förderungsleitung zur | 9 Spülwasserpumpen | 15 Filter in Spülphase |
| Filtrationsanlage (Massagno) | 10 Schlammwasserpumpen | |

SULZER
2380 4080

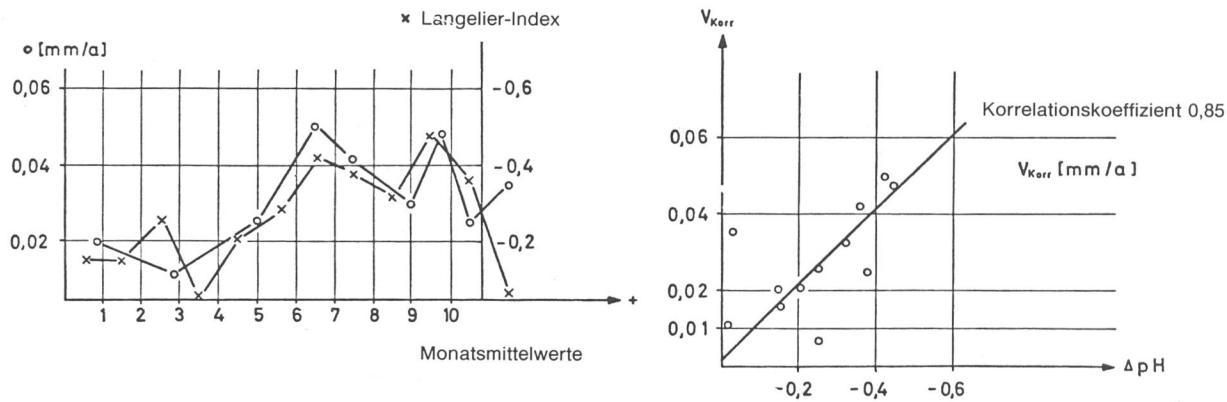


Bild 3. Korrelation zwischen Korrosionsgeschwindigkeit und Langlier-Index.

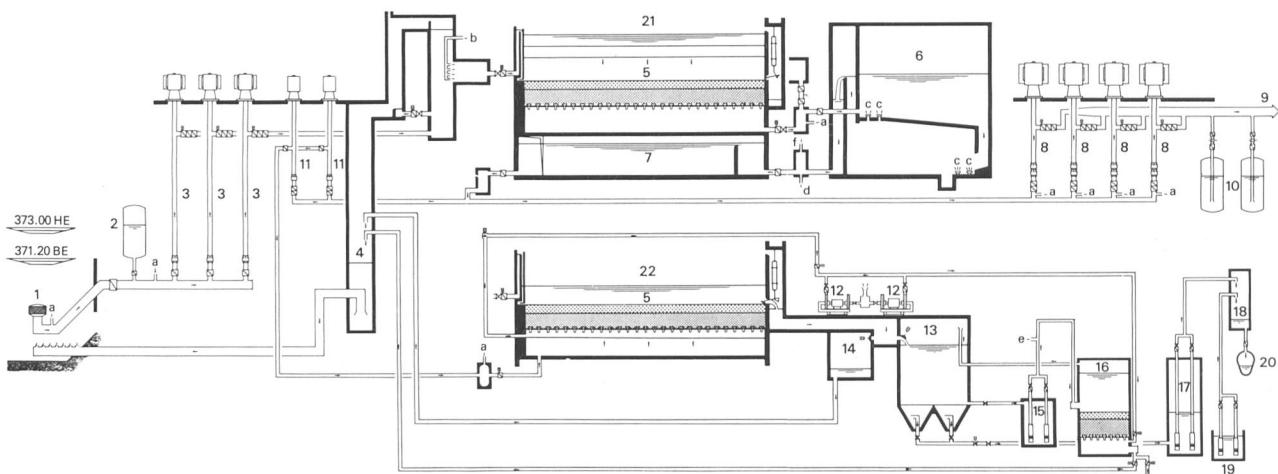


Bild 4. Anordnung der Seewasseraufbereitungsanlage für das städtische Wasserversorgungssystem der Stadt Genf und das Europäische Forschungszentrum CERN.

1 Seeleitung	9 Reinwasser-Druckleitung	16 Schlammwasserfilter	a) Chlor (Cl_2)
2 Vakuumanlage	10 Druckwindkessel	17 Schlammwasserpumpen	b) Aluminiumsulfat $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$
3 Rohwasserpumpen	11 Spülwasserpumpen	18 Pufferschacht	c) Ozon (O_3)
4 Pufferkammer	12 Spülluftgebläse	19 Entwässerungspumpen	d) Natronlauge (NaOH)
5 Filter	13 Schlammwasserabsetzbecken	20 Kanalisation	e) Eisen-III-Chlorid (FeCl_3)
6 Ozonkontaktkammern	14 Schlammwasserbehälter	21 Filter in Betrieb	f) Schwefeldioxid (SO_2)
7 Reinwasserbehälter	15 Pumpensumpf für geklärtes	22 Filter in Spülphase	
8 Reinwasserpumpen	Schlammwasser		

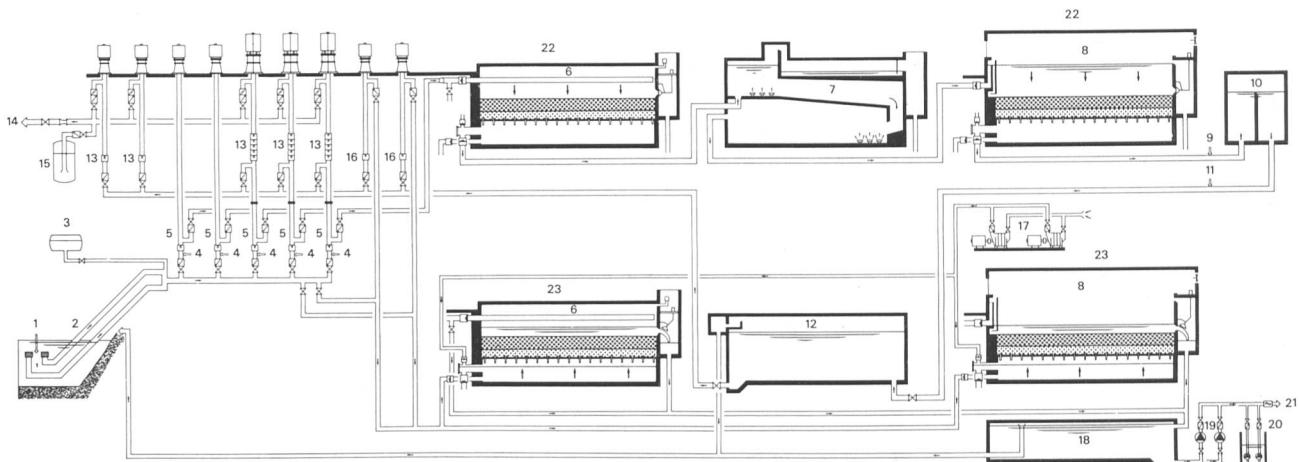


Bild 5. Anordnung der Seewasseraufbereitungsanlage für das städtische Wasserversorgungssystem der Stadt Biel.

1 Vorchlorierung	7 Ozonkontaktkammer	13 Reinwasserpumpen	19 Schlammwasserpumpen
2 Seeleitung	8 Hauptfilter	14 Verbraucher	20 Entwässerungspumpen
3 Vakuumanlage	9 Natronlagedosierung	15 Druckwindkessel	21 Abwasseraufbereitungsanlage
4 Flockungsmitteldosierung	10 Niveauhaltung	16 Spülwasserpumpen	22 Filter in Betrieb
5 Rohwasserpumpen	11 Chlordioxiddosierung	17 Spülluftgebläse	23 Filter in Spülphase
6 Vorfilter	12 Reinwasserbehälter	18 Schlammwasserbecken	

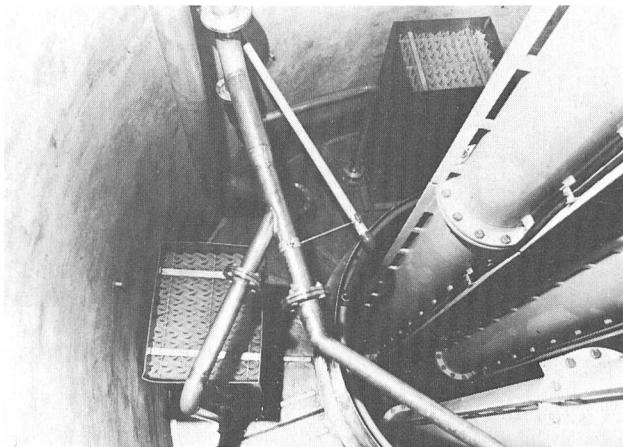


Bild 6a. Ansicht eines Schachtes mit Belüftungsreaktor in der Wasser- aufbereitungsanlage Zürich-Hardhof.

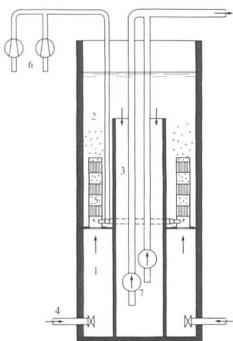


Bild 6b. Anlageprinzip der Sulzer-Hochleistungsbelüftung.
 1 Einlaufzone
 2 Entgasungszone
 3 Entnahmezone
 4 horizontale Fassungsrohre
 5 Belüftungsreaktoren
 6 Kompressoren
 7 Pumpen

einander festhaftet. Die Gefahr, dass dies eintritt, ist unter diesen Voraussetzungen viel grösser als bei nicht laufender Anlage. Unter solchen Arbeitsbedingungen findet zeitweilig eine höhere Auslaugung des Magnesiumoxids statt.

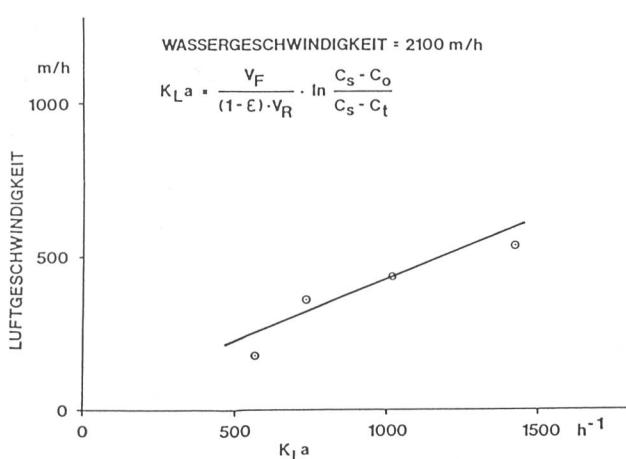
3. Falls beim Rückspülwasser der pH-Wert 8,5 überschritten wird, muss es neutralisiert werden, bevor es in den Vorfluter weitergeleitet wird.

4. Dolomitmaterial ist für die Entsäuerung von Wasser mit Sulfathärte, die einen hohen Wert aufweist (über 150 mg/l SO₄), nicht geeignet.

Anstelle von halbkaliziniertem Dolomit kann die Entsäuerung mit behandeltem Kalziumkarbonat durchgeführt werden. Im Vergleich zum Dolomitmaterial bietet dies die folgenden Vorteile:

- Es braucht keine Einarbeitung.
- Der Gleichgewichts-pH-Wert wird nicht überschritten, auch wenn die Anlage bedeutend unter ihrer Nennleistung und mit Unterbrechungen betrieben wird.

Bild 7. Gesamtübergangskoeffizienten in Abhängigkeit der Luftgeschwindigkeit in den Belüftungsreaktoren



– Kalziumkarbonat-Filtermaterialien gestatten eine maximale Erhöhung der Bikarbonathärte.

– Das Rückspülwasser hat keinen so hohen pH-Wert wie bei Dolomitfilterbetten.

Der Verbrauch dieses Filtermaterials ist jedoch ca. 90% höher als bei Dolomitfiltermaterial, die erforderliche Kontaktzeit ist höher.

Die Tabelle 1 erlaubt annähernd einen Vergleich der pH-Wertänderungen des Wassers nach einer Behandlung mit einer Dolomit-(Magno-dol-) oder einer Kalziumkarbonat-(Hydrolit-Ca-)Filtermasse (Korngrösse 1–3 mm).

b)

An der Stelle des Wasseransaugrohrs weist das Wasser des Genfersees einen negativen Langelier-Index auf. Er ändert sich jedoch im Laufe des Jahres und führt zu unterschiedlichen Korrosionsverläufen. Bild 3 zeigt das Verhältnis zwischen diesen Korrosionsverläufen und den Richtzahlen. Die natürlichen aggressiven Eigenschaften dieses Wassers werden während der Aufbereitung wegen der Zugabe von Aluminiumsulfat als Ausflockmittel verstärkt.

Bild 4 zeigt das Fliessschema der Seewasseraufbereitungsanlage für das städtische Wasserversorgungssystem der Stadt Genf und das Europäische Forschungszentrum CERN.

Bild 5 gibt die verschiedenen Aufbereitungsvorgänge wieder, denen das Wasser aus dem Bielersee im städtischen Wasserversorgungssystem für Biel und Umgebung unterworfen wird.

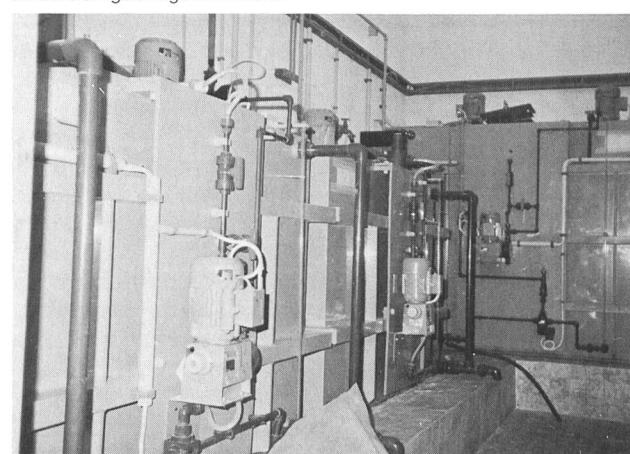
Bei diesen Wasseraufbereitungsanlagen wird aggressives Kohlendioxid durch Natriumhydroxidlösungen neutralisiert, die in der Schweiz üblicherweise in zwei Konzentrationen (50% und 30%) geliefert werden. Die direkte Zugabe dieser Lösungen kann jedoch aufgrund lokaler Überalkalifizierung zu Niederschlägen und Verkrustungen von Kalziumkarbonat führen.

Tabelle 1. Vergleich der pH-Wertänderung des Wassers nach einer Behandlung mit einer Dolomit-(Magno-dol-) oder einer Kalziumkarbonat-(Hydrolit-Ca-)Filtermasse (Korngrösse 1–3 mm).

Zeit (min)	Magno-dol (pH)	Hydrolit Ca (pH)
5	10,2	8,0
10	10,6	8,1
20	10,7	8,1
30	10,7	8,15

In diesem Fall wurden mit einer Schüttleinrichtung in einem 500-ml-Erlenmeyer-Gefäß 100 ml Filtermaterial mit 200 ml Leitungswasser bei 17°C in engen Kontakt gebracht.

Bild 8. Dosieranlage von Natriumsilikat und Natronlauge in der Wasser- aufbereitungsanlage in Anzère.



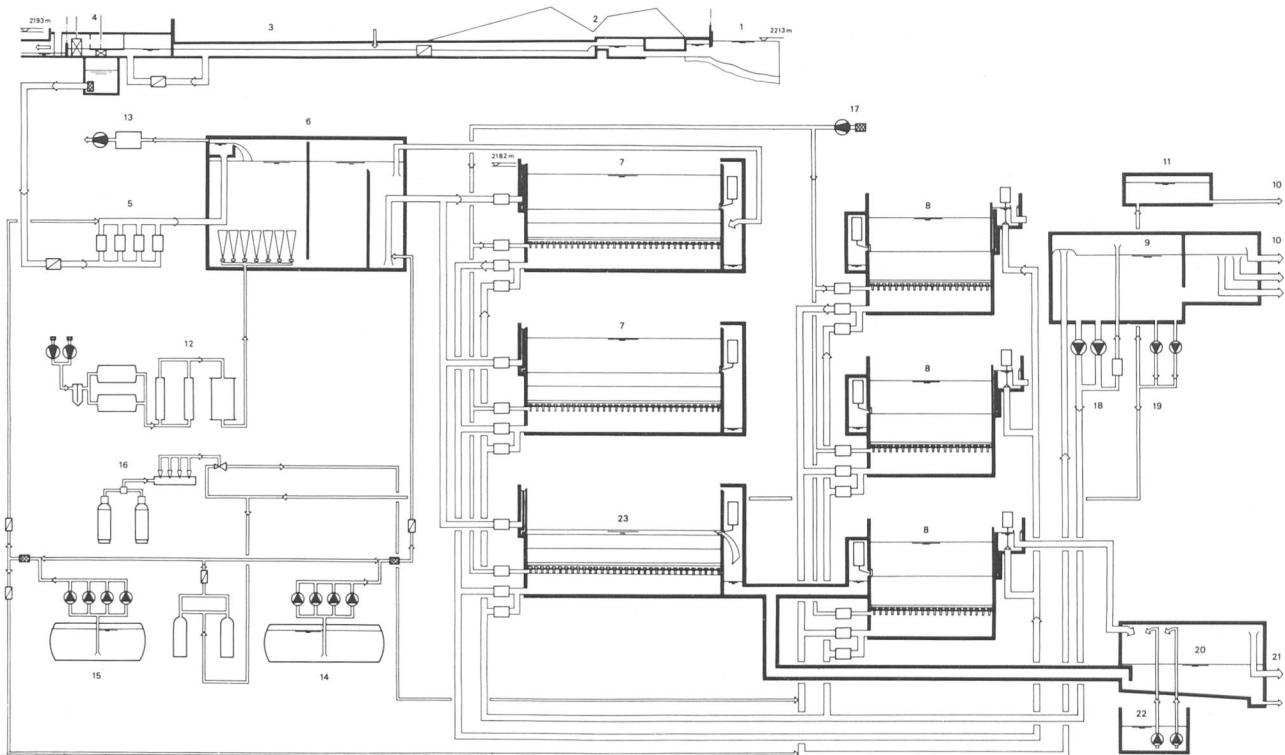


Bild 9. Die «Les Ruinettes»-Wasseraufbereitungsanlage für die Trinkwasserversorgung der Station Verbier. Allgemeines Fliessschema, Städtische Betriebe der Gemeinde Bagnes, Le Châble, Schweiz.

1 Stausee Louvie 150000 m³
 2 Stollen 3600 m
 3 Aquädukt 3600 m
 4 Eingangsbauwerk
 5 Mengenregelung
 6 Ozonkontaktkammer 160 m³

7 Vorfilter
 8 Entsäuerungsfilter
 9 Reinwasserreservoir 280 m³
 10 Verbraucher
 11 Hochreservoir Tête des Ruinettes 120 m³

12 Ozonerzeugung
 13 Restozonvernichtung
 14 Flockungsmitteldosierung
 15 Neutralisation
 16 Chlorierung
 17 Spülluftgebläse

18 Spülwasserpumpen
 19 Reinwasserpumpen
 20 Schlammwasserbecken 150 m³
 21 Abwasseraufbereitungsanlage
 22 Entleerungsschacht
 23 Filter in Spülphase

Solche Kalksteinniederschläge können durch die Zugabe von Polyphosphaten reduziert und manchmal verhindert werden. Der Verfasser hat festgestellt, dass diese Methode nicht zufriedenstellend ist, da das Wasser verschmutzt wird und die Wirkung häufig unzulänglich ist. Es wurde ein einfaches System entwickelt, bei dem die Entsäuerung mit Natronlauge durchgeführt werden kann, jedoch ohne Phosphat und ohne oder nur sehr geringe Niederschläge. Die Hauptbestandteile dieses Systems sind zwei Sätze statische Mischer, in denen konzentrierte Natronlauge unter Verwendung von entwässertem Wasser 1:40 verdünnt wird. Bei Wasserwerken mit Maximalleistungen bis 3600 m³/h und Rohwasser mit bis zu 5 mg/l aggressiven Kohlendioxidgehalt sind stündlich etwa 21 Liter einer 50%igen Natronlauge und 805 l entwässertes Wasser erforderlich. Die Lauge wird mit entwässertem Wasser innerhalb des Rohrsystems auf eine Konzentration von etwa 20 g/l NaOH verdünnt. Diese Lösung wird in den Hauptwasserstrom eingeleitet und die verdünnte Lauge z.B. durch eine zweite statische Mischstrecke in der Hauptwasserleitung gleichmäßig verteilt.

c)

Eine niedrige Konzentration oder sogar das Fehlen von gelöstem Sauerstoff und das gelegentliche Vorhandensein von Schwefelwasserstoff sind die Ursache für erhebliche Korrosion in einigen Schweizer Städten.

Ein neues Hochleistungs-Belüftungssystem mit statischen Mischern gestattet die Sättigung des Wassers mit Sauerstoff und ist sowohl technisch als auch wirtschaftlich eine günstige Lösung. Anlagen dieser Art können in der Wasseraufbereitungsanlage oder im Brunnenschacht installiert werden. Die Bilder 6a und 6b zeigen einen Brunnenschacht mit den Belüftungsaggregaten in Zürich-Hardhof. Bild 7

weist in diesen Belüftungsaggregaten die Gesamtübergangskoeffizienten gegenüber der Luftgeschwindigkeit aus.

d)

Wasserstagnation ist in Touristengebieten außerhalb der Saison eine häufige Erscheinung. Anzère ist ein typisches Wintersportgebiet. Die Korrosion in dieser Station ist ein Ergebnis von Stagnation und aggressivem Kohlendioxid. Um die Korrosion in Anzère zu verhindern, wurde die Wasseraufbereitungsanlage mit einem Dosiersystem versehen, das die Zugabe von Natriumsilikat und Ätznatron zum Wasser gestattet. Diese Dosieraggregate sind einfach und benötigen verhältnismässig wenig Raum (Bild 8). Nach kurzer Zeit nehmen die verzinkten Rohre eine weisse Schicht mit sehr guter Haftung an, die hauptsächlich aus Hemimorphit (Kieselzinkverbindung) bzw. Zinksilikathydroxid besteht. Die Schicht schützt die Rohrleitungen gegen Korrosion. Es ist interessant zu beobachten, dass bei dieser Art Korrosion der Zusatz einer dieser Chemikalien eine weitere Korrosion nicht verhindert, wenn die andere weggelassen wird.

e)

Mischungen von zwei oder mehreren Wasserarten verschiedener Qualität und verschiedenen Ursprungs können die Korrosion im Verteilersystem verursachen. Gute Ergebnisse liessen sich jedoch in Verbier erreichen, wo Wasserarten mit unterschiedlicher Alkalinität gemischt werden. Bild 9 zeigt das Fliessschema der Wasseraufbereitungsanlage, eine der höchsten in der Schweiz (ca. 2182 m). Um das Gleichgewicht beim Kalziumkarbonat herzustellen, wird das Wasser durch einen Filter geleitet, der behandeltes Kalziumkarbonat enthält. Die abschliessende Zugabe von Ätznatron führt zu einem genügend positiven Langelier-Index um zu gewährleisten, dass die nachfolgende Mischung

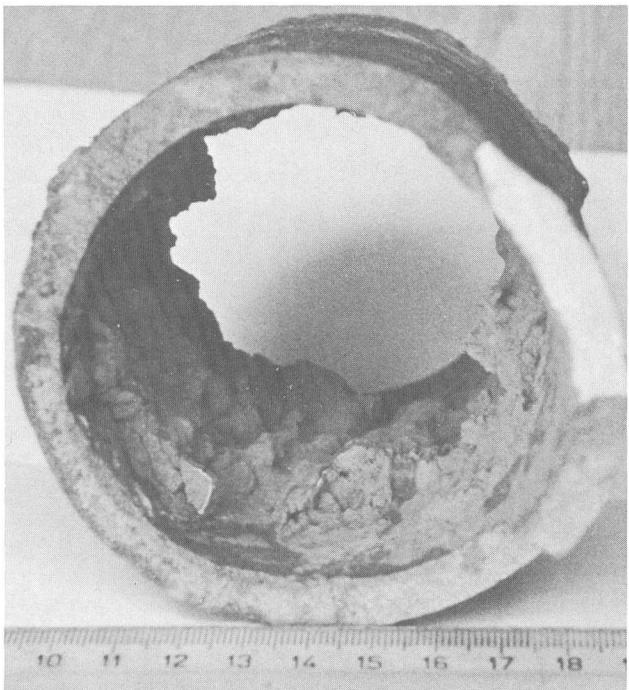


Bild 10. Graphitierung bei einem Rohr aus Grauguss.

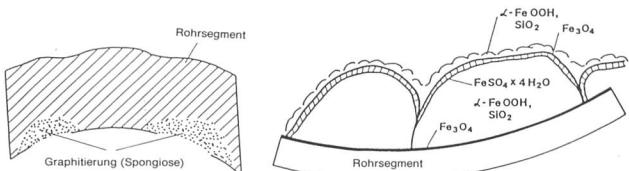


Bild 11. Schnittzeichnung der Rostablagerung.

des aufbereiteten Wassers mit den anderen Wasserarten im Verteilersystem keine Korrosion der Eisenrohre verursacht. f)

Die Verwendung von sauren anorganischen Salzen als Flockungsmittel (z. B. Aluminiumsulfat, Eisensulfat oder Chlorid) führt zu aggressivem Wasser, weil die Alkalinität verbraucht wird und dadurch der pH-Wert des aufbereiteten Wassers sinkt. Um die sauren Eigenschaften der Flockungsmittel auszugleichen, ist es erforderlich, alkalische Substanzen zuzufügen, und zwar normalerweise Ätznatron, Soda oder Kalziumhydroxid. Die meisten Schweizer Wasseraufbereitungsanlagen, welche die Zugabe einer alkalischen Substanz befürworten, verwenden Natronlauge.

Ein bemerkenswertes Beispiel von Korrosion bei Eisenrohren wurde in einem Dorf entdeckt, in dem die Flockungfiltration nur ein paar Monate in jedem Jahr in Betrieb genommen wurde, dass heißt, wenn das Rohwasser eine unerwünschte Menge Schwebstoffe enthielt. Bild 10 zeigt eine Graphitierung bei einem Rohr aus Grauguss, die sogar schon bei einer Wandrohrtiefe von 3 mm entdeckt werden konnte. Die graphitierten Flächen enthalten bereits Ferrit (α -Eisen) und Perlit (ein eutektoides Gemenge von Ferrit und Zementit $[Fe_3C]$). Eine Röntgenanalyse des Rostes deutete auf das Vorhandensein von Magnetit (Fe_3O_4), Goethit (α -FeO.OH) und Eisensulfat ($FeSO_4 \cdot 4H_2O$, Rozenit) wie auch Quarz (SiO_2) hin. Es ist jedoch von Interesse zu beobachten, dass diese Substanzen in der Rostkruste nicht gemischt sind. Zwei Querschnitte durch die Kruste sind in Bild 11 skizziert. Darin wird angegeben, wo die oben erwähnten Korrosionsergebnisse vorkommen.

Adresse des Verfassers: *Julio C. Ginocchio, dipl. Ing., Gebrüder Sulzer Aktiengesellschaft, Winterthur, Abteilung Wasser- und Abwassertechnik, CH-8401 Winterthur.*

Die Belastung des Greifensees

mit Phosphor, Stickstoff, Kohlenstoff, geochemischen Stoffen und Schwermetallen in den Jahren 1977/78: Methodik und Resultate

Heinrich Bührer, Ernö Szabó und Heinz Ambühl

1. Einleitung

Seit Jahrzehnten ist der Greifensee bekannt als «eutroph» bzw. überdüngt. Einzelne Untersuchungen über die Herkunft und Menge der dafür verantwortlichen düngenden Stoffe (Märki 1944, Pleisch 1970) lieferten Kenntnisse über die aktuelle Situation, welche aber als Folge der grossen Belastungsveränderungen im Einzugsgebiet jeweils nur für eine kurze Zeit gelten. Trotzdem sind diese Untersuchungen von grosstem Wert als sichere Fixpunkte für Rückwärtsberechnungen. Für das Studium von Methoden und Erfolgschancen einer technischen Sanierung des Sees sind möglichst rezent Kenntnisse erforderlich. Nachdem in den Jahren nach 1975 Behörden und Öffentlichkeit begannen, Notwendigkeit und Möglichkeiten einer Sanierung zu diskutieren, entschlossen wir uns, mit einer gründlichen Untersuchung der Seezuflüsse und weiterer Belastungsquellen, zusammen mit den Ergebnissen unserer seit 1971 regelmässig ausgeführten monatlichen Seeuntersuchungen, die Basis für eine umfassende Studie über die Möglichkeiten einer Seesanierung zu schaffen. Eine solche Zuflussuntersuchung ist ein sehr aufwendiges, einer Seeuntersuchung in keiner Weise nachstehendes Unternehmen (siehe «Methodik»).

Erfahrungen haben gezeigt, dass sich die analytische Untersuchung durch theoretische oder statistische Berechnungen (etwa aufgrund der Einwohner- und Tierdichte usw.) nicht ersetzen lässt. Die hier drohenden Fehler sind grösser, als eine prognostische Arbeit ertragen würde.

Folgende Fragen wurden bearbeitet:

- Welche Flüsse belasten den Greifensee besonders und in welchem Masse?
- Ist ein Einfluss der bisherigen Sanierungsmassnahmen auf die zeitliche Entwicklung der Stofffrachten und der Seequalität zu erkennen?
- Wie gross ist der Anteil der von der Wasserführung unabhängigen Fracht (Abwasser) an der Gesamtfracht, wie gross der Anteil der bodenbürtigen (Q-abhängigen) Fracht?
- Wie gross sind die Anteile, die mit technischen Massnahmen eliminiert werden können?

– Wie gross ist der Export von Stoffen aus dem See? Diese Fragestellungen erfordern eine zum Teil automatisierte Probenahme- und Abfluss-Messtechnik sowie nicht voraussehbare Sondereinsätze während Hochwassern. Die Anzahl der Mitarbeiter war deshalb gross:

Leitung: Prof. H. Ambühl

Messstationen: Ing. H. Weber (EAWAG; Planung, Bau, Unterhalt), H. Lang, A. Armbruster (Amt für Gewässerschutz und Wasserbau, Zürich; Abflussmessungen, Limnigraphen-Eichung)

Probenahme (Technische Entwicklung und Probensammlung): Dipl. chem. E. Szabó, Prof. H. Ambühl, B. Ribi, R. Illi (EAWAG)

Chemische Analytik: E. Szabó, B. Ribi, R. Illi, R. Waldvogel, Dr. H. J. Hegi, Dr. J. Zobrist (EAWAG)

Datenverarbeitung: Dr. H. Bührer (EAWAG)

Berichterstattung: Dr. H. Bührer, Prof. H. Ambühl

ARA-Proben: W. Vetterli (ARA Uster), H. Kägi (ARA Mönchaltorf), E. Lehnher (ARA Maur), E. Schwender (ARA Wetzenikon)