

Zeitschrift: Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria
Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband
Band: 78 (1986)
Heft: 9

Artikel: Eine natürliche Hilfe für den Greifensee
Autor: Schmid, Walter A.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-940866>

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: 14.02.2026

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

Eine natürliche Hilfe für den Greifensee

Walter A. Schmid

1. Einführung und Vorschlag

Sowohl Wissenschaftler wie Praktiker können von einem berühmten Naturforscher lernen:

«Le mérite d'une théorie nouvelle n'est pas qu'elle est vraie – il n'existe pas de théorie vraie – c'est qu'elle est féconde.»
(Louis Pasteur)

Bührer und Ambühl ist ein fruchtbarer Lösungsvorschlag zugefallen in ihrem Aufsatz «Die Möglichkeiten einer Sanierung des Greifensees» «wasser, energie, luft», 78 (1986) Heft 3/4, Seiten 49 bis 53:

Es ist der Eintrag von Sauerstoff (SE) ohne Tiefenwasserableitung (TWA).

Nach den Autoren müssen wir heute im Greifensee 20t Phosphor pro Jahr, später (zirka 1990) 15t Phosphor pro Jahr begegnen.

Wenn wir ihre Vorschläge:

Bei 20t P/Jahr 20t Sauerstoff/Tag (Bild 9.23, Seite 49)

Bei 15t P/Jahr 10t Sauerstoff/Tag (Bild 9.22, Seite 49)

sinnvoll zusammenlegen, so lassen sich die Sanierungsziele erfüllen.

Diese sind: volle Aerobie (mehr als 4 mg O_2 /l jederzeit an jedem Ort) und 30mg P/m³.

Für die praktische Durchführung ihres Ansatzes «Eintrag von Sauerstoff (SE) ohne Tiefenwasserableitung (TWA)» stellen sich den Autoren Hindernisse entgegen, die dem Gas Reinsauerstoff anhaften: Wie bekannt, braucht das reine O_2 -Gas in Feinstblasen 5 bis 10m Lösestrecke im See. Das bedeutet, dass die volle Aerobie auf dem Seegrund (mehr als 4 mg O_2 /l jederzeit) nie ganz erreicht wird.

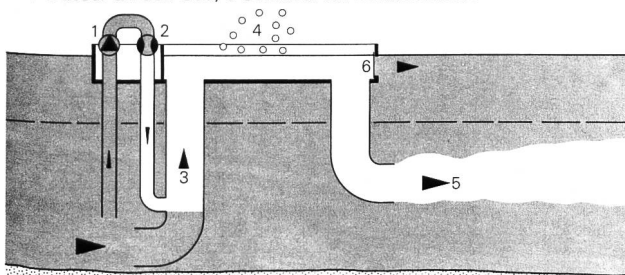
Bekannt sind den Autoren auch die hohen Kosten des Reinsauerstoffgases aus der Fabrik.

Bührer und Ambühl möchten diese Problematik lösen. Sie reduzieren die Menge Reinsauerstoffgas, um Kosten zu sparen. Um dem den tiefsten Zonen drohenden Verlust an Aerobie entgegenzutreten, weichen sie aus auf eine Tiefenwasserableitung (TWA). Sie kombinieren in vielen weiteren Varianten Eintrag von Sauerstoffgas (SE) mit Tiefenwasserableitung (TWA).

Die Autoren erwähnen jedoch gleichzeitig die grossen Schwierigkeiten, die bei der Kombination dieser beiden Systeme zu erwarten sind (zum Beispiel geringe Seetiefe, technisch aufwendige Konstruktion, mögliche negative gegenseitige Beeinflussung der Systeme). Zudem wird die warme Vegetationsschicht gegen den Seegrund erweitert. Keine solche Schwierigkeiten bietet ein in der Praxis seit

Bild 1. Schematische Skizze, gültig für eine schwimmende oder feste Anlage «Bergbach», versteckt am Ufer zum Lösen von Luftsauerstoff verbunden mit einer Zirkulationshilfe.

1 Pumpe, 2 Düsen (siehe Bild Versuche mit Grossdüse), 3 Steigschacht, 4 Abgabe überflüssiger Luft, 5 Rückgabe von mit Sauerstoff angereichertem Wasser an den See, 6 Schieber für Winterbetrieb.



1981 erprobtes Verfahren: Es ist «der Bergbach aus Tiefenwasser», der Hilfe bringen wird.

2. So funktioniert das vorgeschlagene Seelüftungsverfahren «Bergbach aus Tiefenwasser»

In einer kleinen (zirka 7m x 20m) Anlage auf dem See oder an Land (Bild 1) wird mit geringem Aufwand durch eine Pumpe (1) dem See Wasser entnommen, in einer Düse (2) mit Luft vermischt und etwa 30m in die Tiefe gedrückt, wodurch der Sauerstoff im Wasser gelöst wird. Das durch Luftblasen leichter gewordene Wasser strömt (3) wieder an die Seeoberfläche und zieht dabei eine riesige Menge Seewasser aus beliebigen Tiefen mit sich, das sich ebenfalls mit Sauerstoff anreichert. An der Oberfläche wird der nicht benötigte Teil der Luft wieder an die Umwelt zurückgegeben (4). Das so mit gelöstem Sauerstoff angereicherte Wasser wird in ausgewählter Tiefe wieder in den See zurückgeführt (5), wo sich der gelöste Sauerstoff horizontal sehr schnell ausbreitet. Im Winter kann der Schieber (6) geöffnet werden, damit das angereicherte Wasser die natürliche Umwälzung unterstützen kann.

Im Idealfall misst die «Sauerstoff-Lösestrecke» (Wasser in Kontakt mit Luft) 30m Fallrohr plus 30m Steigrohr plus 15m offenes Gerinne; total 75m. Nach aussen tritt davon nur das Gerinne in Erscheinung – sei es schwimmend oder versteckt am Ufer.

Mit einem Ansaugrohr, das unten am Steigrohr befestigt ist, wird Tiefenwasser angesaugt. Die Tiefe der Ansaugöffnung kann frei bestimmt werden. Beim Greifensee würden 10 bis 20m³/s angesaugt.

Im Gegenstromprinzip wird im wilden Strudel aus dem anfänglich toten Tiefenwasser ein lebenspendender «Bergbach». Damit gelingt es zum Beispiel für den Greifensee, 20t Sauerstoff pro Tag im Wasser in gelöster Form zu verteilen. Weil auch die Höhenlage der Rückgabe frei wählbar ist, wird ein gezieltes Sauerstoffeinschichten in horizontalen Lagen ermöglicht. Wegen der enorm raschen Horizontalausbreitung des Sauerstoffs und da der Seegrund keine Einzeltäler zeigt, genügt für den Greifensee eine einzige Anlage.

Die lebenspendende Sauerstoffenergie tritt, wie in der Natur, gedämpft im Luftgemisch ins «Bergbachwasser» ein, während dieses vom Stickstoff bis auf nachgewiesene unschädliche Mengen wieder verlassen wird. Mit dem im Wasser gelösten Sauerstoff gelingt es, sämtliche Stellen im See zu erreichen, vor allem jedoch den Seegrund. Der in Gasblasenform direkt in das Seewasser eingebrachte Reinsauerstoff, an den die EAWAG-Autoren denken, vermag das nicht. (Wir verweisen auf den Verbandsbericht Nr. 301 des Verbandes Schweizerischer Abwasserfachleute, VSA. Rudolf Ott, Paul Baumann, Thomas Joller: Sanierung der Mittellandseen).

Den Erfolg mit dem «Bergbach» bezüglich Anreicherung von Sauerstoff, Verminderung von Phosphor und Ammonium zeigt Bild 2: Messwerte Hüttnersee.

In der Perspektivsicht vom See her gesehen ist als Beispiel die uferstationäre Anlage für Zirkulationshilfe (ZH) und Sauerstoffeintrag (SE) für den Zugersee gezeichnet (Bild 3).

3. Ergänzende Bemerkungen

zum Artikel Bührer und Ambühl «wasser, energie, luft», 78 (1986) Heft 3/4, Seiten 49 bis 53.

3.1 Ganzjährige Aerobie ist unerlässlich für den Phosphorrückhalt

Die Autoren schreiben auf Seite 48: «Erst wenn ganzjährige Aerobie herrscht, wird der momentan noch unbedeutende Phosphorrückhalt auf einen Wert ansteigen, der substan-

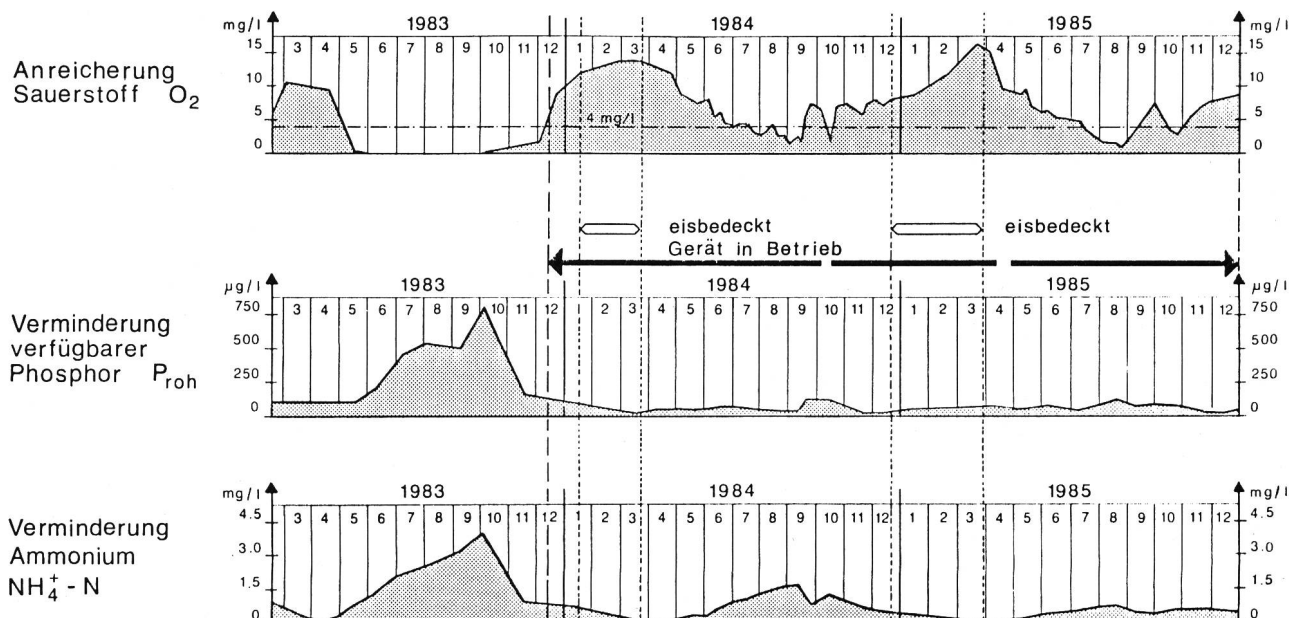


Bild 2. Der Hüttnersee im Kanton Zürich wurde mit dem System «Bergbach» seit Ende 1983 belüftet und umgewälzt. Die Messwerte am Seegrund, das heisst in 12 m Tiefe, wurden vom kantonalen Laboratorium Zürich erhoben und ausgewertet. Sie zeigen die Sauerstoffanreicherung, die Verminderung des verfügbaren Phosphors und die Verminderung des Ammoniums im Seewasser.

tiell zur Entlastung des Greifensees beiträgt.» Diese Aussage gilt für jeden See, und zwar unabhängig von seiner Grösse.

Wie gross dieser Phosphorrückhalt im Sediment sein kann, zeigen folgende Richtwerte:

	Rückhalt P g/m ² Jahr
Ägerisee	0,75*
Pfäffikersee	1,15*
Greifensee	1,22*
Türlersee	1,12*
Vierwaldstättersee	1,21*
Baldeggersee vor Reinsauerstoffbehandlung	0,60**
nach Beginn der Reinsauerstoffbehandlung	1,40**

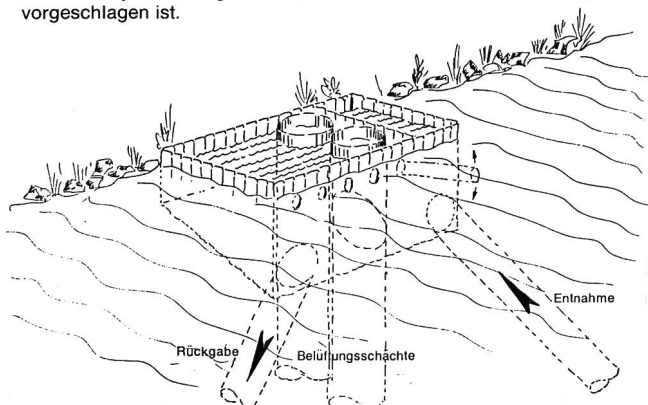
* nach Thomas im Buch Zürichsee NZZ 1979

** nach Joller im VSA Verbandsbericht Nr. 30 (Abb. 6, Imboden)

Wie sich die volle Aerobie auswirkt, soll an drei Seen erläutert werden:

Im Vierwaldstättersee werden wegen der natürlich vorhandenen Aerobie 140t Phosphor pro Jahr in die Sedimente eingelagert (Ambühl im Buch «Vierwaldstättersee»).

Bild 3. Die Skizze zeigt eine uferstationäre Anlage für die Seesanie rung nach dem System «Bergbach» der Firma Locher, wie sie für den Zugersee vorgeschlagen ist.



Im Zugersee ist nach EAWAG-Bericht (Imboden) die volle Aerobie nur möglich mit Sauerstoffeintrag und Zirkulationshilfe (SE + ZH). Damit wird das P-Ziel 30 mg/m³ bis etwa im Jahre 2006 seeintern gelöst. Hingegen würde bei der Variante Tiefenwasserableitung TWA (Stollen) ab zirka 100 bis 200m Tiefe Anaerobie herrschen.

Über den Greifensee schreibt die EAWAG Seite 51: «Die Variante 20t Sauerstoff pro Tag bei 20t Phosphor pro Jahr erfüllt das Sauerstoffkriterium von Anfang an.» Im Bild 9.22 auf Seite 49 zeigt die feinpunktierte Linie einen minimalen Sauerstoffgehalt von 8 bis 10 mg/l. Für P = 20t pro Jahr liegt sie einzig und allein bei dieser Variante über der Bundesvorschrift von minimal 4 mg Sauerstoff/l. Das P-Ziel 30 mg/m³ wird damit seeintern. d.h. ohne die Glatt zu belasten, erreicht.

3.2 Die Tiefenwasserableitung, TWA, bringt keine ganzjährige Aerobie

Den theoretischen Beleg für diese Aussage hat die EAWAG für Zugersee und Greifensee gegeben. Die Praxis stützt die Computerausage: Weder am Lützelsee (Kt. Zürich) noch war vor 1981, dem Beginn der «Bergbachbehandlung», im Wilersee (Kt. Zug) eine aus der TWA herrührende ganzjährige Aerobie vorhanden.

Sie lässt sich nur über einen geschlossenen Oxyd-Deckel auf dem Sediment erreichen. Er ist nötig als Phosphorfalle. Er lässt sich über eine Tiefenwasserableitung TWA nicht erzwingen. Es ist sicher sinnvoll, der Glatt eine weitere «Übersorgung mit Phosphat» zu ersparen. Der «Bergbach» ermöglicht das.

3.3 Eine Tiefenwasserableitung, TWA, schadet Bach, Fluss und Strom

Wie der Ausfluss des Lützelsees (Hombrechtikon) als Beispiel zeigt, zerstört eine Tiefenwasserableitung grosse Teile von Fauna und Flora.

Ferner ist es wohl sinnvoll, wenn heute vom Verursacher verlangt wird, seine Probleme selber zu lösen, das heisst die Abwasser nicht den Unterliegern zuzuführen.

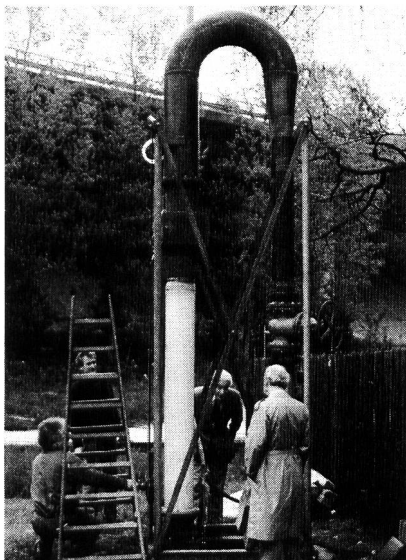


Bild 4, links. Versuche mit einer Grossdüse. Der grösste Teil der hier im Versuch gezeigten Grossdüse ist bei einer definitiven Anlage im Wasser versenkt.



Bild 5, rechts. Der Wilersee im Winter. Die offene Eisfläche ist verursacht durch die «Bergbach»-Anlage, die zusätzlich als Zirkulationshilfe arbeitet.

3.4 Phosphorabbau

Wie die Autoren mit Bild 9.23 (Seite 49) zeigen, lässt sich bei auf 15t/Jahr reduzierter Phosphoreinfuhr die P-Kurve in- nert vernünftiger Zeit – wir schätzen 10 Jahre – an die gefor- derten 30mg/m³ heranbringen, auch wenn zu Beginn noch 20t P/Jahr (nach Bild 9.22) eingeführt werden.

Bedingung ist allerdings, dass wir 20 bis 10t Sauerstoff pro Tag gut verteilt und reichlich bis zum tiefsten Punkt des Sees bringen.

3.5 Kosten Sauerstoff

Beim Zugersee wird der «Bergbachsauerstoff» während maximal 10 Jahren insgesamt 4 Mio Franken kosten, wäh- rend die gleiche Menge Reinsauerstoff, aus der Fabrik her- transportiert, mehr als 16 Mio Franken kosten würde. Die In- vestitionen für den Eintrag betragen mit rund 10 Mio Fran- ken bei beiden Varianten etwa gleich viel.

3.6 Ökologische Ausgewogenheit

Jeder See, dessen Wasser im Winter umgewälzt wird, erhält dann Sauerstoff aufgetankt. Ein Vergleich der Kurven 9.22 und 9.23 zeigt, dass das im Mittel etwa mit 20t O₂/Tag im Greifensee geschieht. Mit Variante (9.22 und 9.23) wird etwa gleich viel O₂ im Sommer zugeführt. Weil der «Bergbach» jede gewollte Schicht, selbst die allertiefste (zum Beispiel im Zugersee 200m), zu erreichen vermag und er dort, wie in der Natur, nie mehr als 10mg O₂/l sicherstellt, darum ist diese Lösung eine natürliche Massnahme mit grosser Aus- gewogenheit.

Der biologische Beweis: Wir fischen im Hüttnersee wieder- um 32cm grosse Felchen und 54cm lange Exemplare von eingesetzten Regenbogenforellen. Der «Bergbach» hat sie seit 1983 heranwachsen lassen. Er sorgt für ganzjährige Aerobie, und der verfügbare Phosphor ist von 700 auf zeit- weise 10mg/m³ zurückgegangen. Die Phosphorfalle funk- tioniert, wie das auch Dr. H. Züllig mit seinen Sedimentpro- ben nachweist. «Der Oxyd-Deckel ist geschlossen.»

4. «Bergbach» und Zirkulationshilfe

Wenn wir im Winter den «Bergbach» statt in die Tiefe zu führen geradeaus in die Seeoberfläche einströmen lassen, erhält der See ein Drehmoment, das wir zur Zirkulationshilfe ausnützen. Es ist vor allem bei tiefen Seen wichtig, darauf

hinzuweisen, dass wir mit dem «Bergbach» keine Luft in die offene Seetiefe entlassen:

- Es sind keine grossen Drücke zu überwinden, was sich wirtschaftlich äussert.
- Es ergeben sich keine Probleme mit Stickstofflösung.
- Eine schichtweise Behandlung, von oben her beginnend, gelingt.

5. Zirkulationshilfe beim Greifensee

Hier sei auch darauf hingewiesen, dass der «Bergbach», wenn der Greifensee im Winter unter dem Eis nicht atmen kann, die Anreicherung mit Sauerstoff übernimmt, wie er das beim Hüttnersee getan hat. Deshalb schlagen wir vor, wie beim Wilersee oder Hüttnersee, ohne zusätzliche Kos- ten die Möglichkeit vorzusehen, dass der «Bergbach» die Zirkulation anzuregen vermag (siehe Bild 5).

6. Zusammenfassung

Es ging darum zu zeigen, dass die Art des Lösens des Sau- erstoffs im Seewasser von grundlegender Bedeutung ist. Die vorgeschlagene Lösung «Bergbach» ist kostengünstig. Sie bringt einen wirksamen Phosphorabbau und vollstän- dige Aerobie im ganzen See.

7. Wie weiter?

Alle die vielen Rand- und Nebenbedingungen, wie sie die EAWAG für das Reinsauerstoffgas (Seiten 45, 51 usw.) auf- zählt, sind für das «Bergbach-Sauerstoff-Wasser» ohne Belang, wie vorstehend aufgezeigt wurde.

«Klare Begriffe, gute Freunde» sagt ein altes Sprichwort. Wir von der Praxis anerkennen, viel von den Wissenschaf- tern gelernt zu haben. Leider ist es uns aber nicht gelungen, Ihnen unser Schaffen verständlich zu machen, wie das Gut- achten der EAWAG für den Kanton Zug und der Artikel *Bührer/Ambühl* (Greifensee) gezeigt haben. Dies nachzu- holen war einer der Gründe für den vorliegenden Artikel.

Adresse des Verfassers: Walter A. Schmid, dipl. Ing. ETH, Vizepräsident und Del. VR, Locher & Cie AG, 8022 Zürich.