**Zeitschrift:** Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria
**Herausgeber:** Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband
**Band:** 85 (1993)
**Heft:** 3-4

**Artikel:** Die Trink- und Brauchwasserableitungen aus dem Bodensee
**Autor:** Vischer, Daniel
**DOI:** https://doi.org/10.5169/seals-939958

**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:** 15.07.2025

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

# Die Trink- und Brauchwasserableitungen aus dem Bodensee

## ihr Einfluss auf den Seespiegel und den Hochrhein

*Daniel Vischer*

## 1. Wieviel Wasser entnimmt der Zweckverband Bodensee-Wasserversorgung (BWV) dem Bodensee?

Vorweg ist festzuhalten, dass der BWV mit seiner Wasserentnahme aus dem Bodensee nicht allein steht. Es gibt noch mehrere andere Wasserwerke, die Bodenseewasser fassen. Doch fallen diese Nutzungen vergleichsweise wenig ins Gewicht. Zudem versorgen diese Wasserwerke zum grössten Teil Siedlungen, die in den Bodensee entwässern und sich darum auf dessen Wasserhaushalt nicht auswirken.

Aber auch beim BWV ist zwischen dem aus dem See entnommenen Rohwasser und dem tatsächlich aus dem Einzugsgebiet Richtung Stuttgart abgeleiteten Reinwasser zu unterscheiden. Die Differenz beträgt 1 bis 2% und wird für den Wasseraufbereitungsprozess auf dem Sipplinger Berg verwendet. Von dort fliesst dieses Spül-, Spritz- und sonstige Eigenbedarfswasser in den See zurück.

Die Frage nach der Wasserentnahme des BWV aus dem Bodensee muss folglich aufgrund seiner Reinwasserproduktion beantwortet werden. Der Betrieb des BWV setzte im Oktober 1958 ein. Die Jahressummen erreichten von 1961 bis 1991 gemäss BWV-Angaben die Werte von Tabelle 1.

Tabelle 1. Reinwasserableitung des BWV pro Jahr.

| Jahr | Jahressumme Mio m³ | Jahresmittel m³/s | Zuwachsrate in % |
|---|---|---|---|
| 1961 | 34,39 | 1,09 | |
| 1971 | 95,30 | 3,02 | 10,7 |
| 1981 | 121,41 | 3,85 | 2,5 |
| 1991 | 139,83 | 4,43 | 1,4 |

Die Zuwachsraten in den einzelnen Dekaden sind in der dritten Kolonne festgehalten. Sie zeigen eine deutliche Verlangsamung der Entwicklung. Betrachtet man die gesamte Periode von 1961 bis 1991, lässt sich eine Zuwachsrate von 4,8% beziehungsweise eine Verdoppelungszeit von 14,8 Jahren errechnen. Stützt man sich bloss auf die letzte Dekade von 1981 bis 1991, ergibt sich eine Verdoppelungszeit von 49 Jahren.

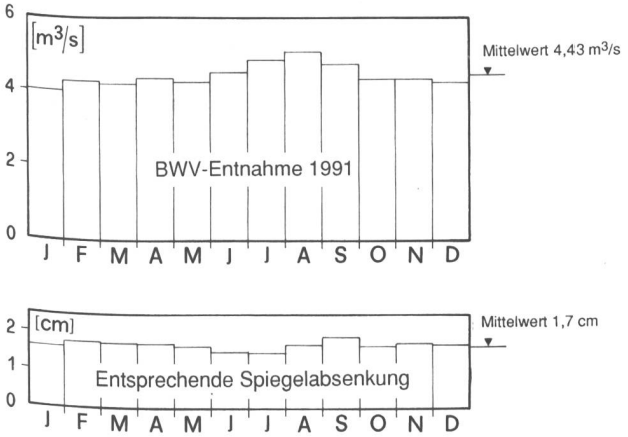


Bild 1. Monatsmittel der BWV-Wasserableitung im Jahre 1991 (oben) und der entsprechenden Spiegelabsenkung im Obersee (unten).

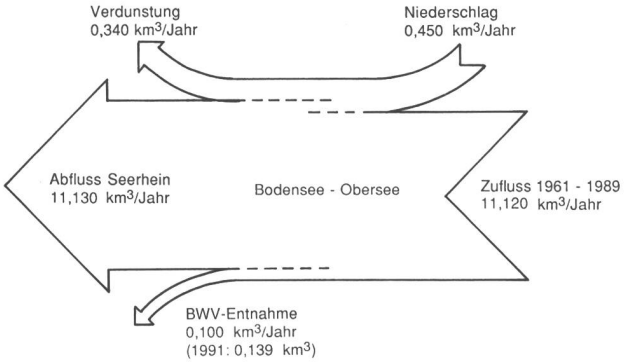


Bild 2. Wasserbilanz für den Obersee 1961 bis 1991. Die Wasserableitung durch den BWV ist sowohl als Durchschnitt der gleichen Periode wie als Wert für 1991 angegeben (letzterer in Klammern).

Die Schwankungen der Entnahme innerhalb eines Jahres halten sich in Grenzen. Als Beispiel vermittelt Tabelle 2 die maximalen und minimalen Tageswerte von 1991. Ferner zeigt Bild 1 oben für dasselbe Jahr die Ganglinie der Monatsmittel.

Tabelle 2. Maximale und minimale Wasserableitung pro Tag im Jahre 1991.

| Tag | Tagessumme m³ | Tagesmittel m³/s | Abweichung vom Jahresmittel % |
|---|---|---|---|
| 1. April | 274 180 | 3,17 | −28,4 |
| 6. Juli | 520 080 | 6,02 | +35,9 |

## 2. Der Einfluss auf den Wasserhaushalt des Obersees und damit auf den Seerhein

Angaben über den Wasserhaushalt des Sees finden sich unter anderem in der unter [1] und [2] angeführten Literatur. Daraus lassen sich für den Obersee die Zu- und Abflüsse von Tabelle 3 ermitteln und in Bild 2 veranschaulichen.

Tabelle 3. Wasserhaushalt des Obersees. Jahresmittel der Periode 1961 bis 1991.

| | Mio m³ | m³/s |
|---|---|---|
| Zuflüsse | | |
| – Flüsse und Bäche sowie Nettobilanz aus unterirdischen Grundwasserflüssen | 11 120 | 353 |
| – Niederschlag auf den See | 450 | 14 |
| – Total der Zuflüsse | 11 570 | 367 |
| Abflüsse | | |
| – Seerhein | 11 130 | 353 |
| – Verdunstung auf dem See | 340 | 11 |
| – Wasserentnahme BWV | 100 | 3 |
| – Total der Abflüsse | 11 570 | 367 |

Entsprechend lässt sich folgern, dass die mittlere Entnahme des BWV bis jetzt etwa gleich gross war wie der sogenannte Nettoniederschlag, das heisst die Differenz aus dem Niederschlag und der Verdunstung auf dem Obersee. Ebenso kann der Schluss gezogen werden, dass diese mittlere Entnahme nicht ganz 1% des Seerheinabflusses ausmachte. Dieser Wert lässt sich ohne weiteres auch auf den Hochrheinabfluss übertragen.

Nun wurde die BWV-Entnahme in Tabelle 3 als Mittelwert der Jahre 1961 bis 1991 eingesetzt. Geht man statt dessen von der Entnahme des Jahres 1991 aus, so fällt

diese mit 139 Mio m³ beziehungsweise 4,4 m³/s gegenüber dem Seerheinabfluss etwas stärker ins Gewicht, bleibt aber immer noch in der Grössenordnung von 1%. Man kann also sagen, dass der Einfluss der BWV-Entnahme auf den Wasserhaushalt des Obersees sehr klein ist und in bezug auf den mittleren Seerheinabfluss und Hochrheinabfluss nur um 1% liegt.

## 3. Der Einfluss auf den Spiegelstand des Obersees

Nach [1] erreichen die Spiegelschwankungen des Obersees pro Jahr im langjährigen Mittel 1,6 m. In Bild 3 sind die Monatsmittel der Seestände für 1991 angegeben. Die Differenz zwischen dem höchsten und dem kleinsten Monatsmittel beträgt in diesem Jahr 1,52 m.

Um den Einfluss der BWV-Entnahme auf diese Seestände zu berechnen, muss die Abflusskurve des Sees herangezogen werden. Dabei handelt es sich um die Abhängigkeit des Seerheinabflusses vom Obersee-Stand oder umgekehrt. Diese Abhängigkeit lässt sich aus der in [2] und [3] vermerkten Literatur entnehmen und derart verarbeiten, dass die Kurve von Bild 4 entsteht. Sie entspricht mathematisch gesehen der ersten Ableitung der Abflusskurve nach dem Seestand. Dargestellt wird, um wieviel sich der Seerheinabfluss ändert, wenn der Seestand um 1 cm steigt oder sinkt. Bei niederem Seestand (bezogen auf den Pegel Konstanz) macht das 2,5 m³/s aus, bei hohem 3,8 m³/s.

Mit diesem feinen «Massstab» lässt sich anhand der Informationen, die in den Bildern 1 und 3 enthalten sind, die Ganglinie von Bild 1 unten erstellen. Diese hält die Monatsmittel der BWV-bedingten Spiegelabsenkung im Jahre 1991 fest. Die entsprechende mittlere jährliche Absenkung beträgt 1,7 cm. Im Vergleich zu den erwähnten mittleren jährlichen Spiegelschwankungen von 1,6 m liegt dieser Einfluss also ebenfalls in der Grössenordnung von nur 1% und fällt somit nicht ins Gewicht.

## 4. Der Einfluss der Kraftwerke im Einzugsgebiet als Vergleichsgrösse

Der Einfluss der Kraftwerke ergibt sich einerseits aus den Überleitungen und andererseits aus dem Speicherbetrieb.

Der Wasserhaushalt des Bodensee-Einzugsgebietes wird durch einige Überleitungen aus oder nach andern Einzugsgebieten verändert. Aufgrund von [4] lässt sich in Tabelle 4 die Bilanz ziehen.

Tabelle 4. Bilanz der mittleren jährlichen Überleitungen im Einzugsgebiet des Bodensees.

| | |
|---|---|
| Zuleitungen | |
| – aus dem Limmatgebiet (in Speicher Gigerwald) | 2,4 m³/s |
| – aus dem Inngebiet (Speicher Silvretta und Kops) | 7,8 m³/s |
| Summe der Zuflüsse | 10,2 m³/s |
| Ableitungen | |
| – ins Ticinogebiet (Ritomsee) | – 2,0 m³/s |
| Bilanz bzw. Nettozuflüsse | + 8,2 m³/s |

Die Bilanzierung ergibt, dass der Bodensee und damit auch der Hochrhein durch die Kraftwerke angereichert werden. Das heisst, die Zuflüsse zum Bodensee werden durch die Überleitungen heute um durchschnittlich 8,2 m³/s vergrössert – ein Wert, der fast doppelt so gross ist wie die BWV-Entnahme von 4,43 m³/s des Jahres 1991.

Allerdings geben die Speicherwerke unter den Kraftwerken ihr Triebwasser nicht gleichmässig ab. Um die saisonbedingt stark schwankenden Zuflüsse auszugleichen, füllen sie ihre Speicher im Sommerhalbjahr und arbeiten diese im Winterhalbjahr ab. Aus [2] lässt sich entnehmen, dass im Einzugsgebiet des Alpenrheins und der Bregenzeraach von 1919 bis heute 24 Speicher von insgesamt 782 Mio m³ Nutzinhalt erstellt worden sind. Nach statistischen Angaben des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätswerke werden diese jährlich zu 70 bis 80% ausgenützt. Rechnet man mit rund 70%, so ergibt das eine jährliche Wasserfracht von 550 Mio m³, die im Sommer zurückgehalten und im Winter zusätzlich abgegeben werden. Das entspricht, auf ein halbes Jahr bezogen, einer Zuflussverminderung oder -vermehrung von 34,9 m³/s. Daraus lässt sich der resultierende saisonale Einfluss der Kraftwerke auf die Bodenseezuflüsse und damit letztlich auf die Hochrheinabflüsse gemäss Tabelle 5 abschätzen.

Tabelle 5. Einfluss der Kraftwerke auf die mittleren Bodenseezuflüsse.

| | | |
|---|---|---|
| Winterhalbjahr | + 34,9 + 8,2 | = + 43,1 m³/s |
| Sommerhalbjahr | – 34,9 + 8,2 | = – 26,7 m³/s |
| Jahr | 16,4/2 | = + 8,2 m³/s |

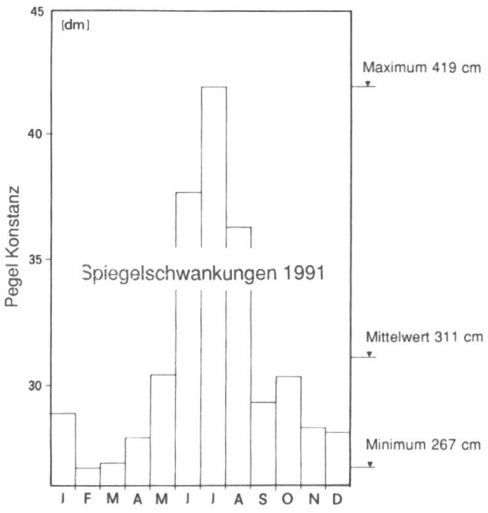


Bild 3. Monatsmittel der Obersee-Stände im Jahre 1991.

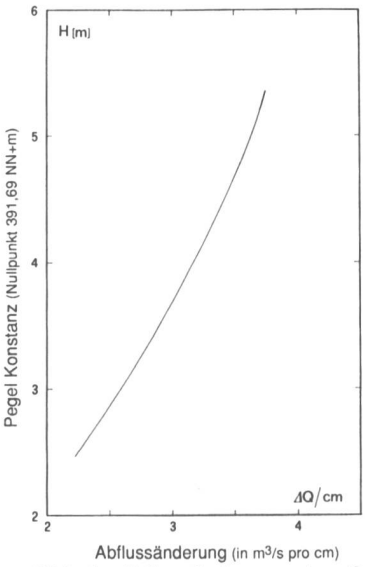


Bild 4. Abflussänderung des Seerheins bei einer Änderung des Obersee-Standes von 1 cm.

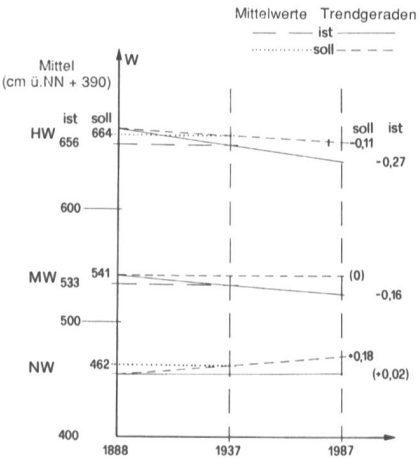


Bild 5. Festgestellte Mittelwerte und Trends der Hoch-, Mittel- und Niederwasserstände am Obersee [2]. Istwerte sowie Sollwerte für den Fall einer über die Jahre unveränderten Abflusskurve.

(Eine andere einschlägige Darstellung, die auf vergleichenden hydrologischen Beobachtungen zwischen den Perioden 1931 bis 1950 und 1971 bis 1990 basiert, findet sich in [5].)

Berücksichtigt man den Einfluss der Kraftwerke und der BWV-Entnahme (von heute durchschnittlich 4,43 $m^3/s$) gleichzeitig, lässt sich der gegenüber früher veränderte Wasserhaushalt des Bodensees und des Hochrheins in Tabelle 6 angeben:

Tabelle 6. Einfluss der Kraftwerke und der BWV-Entnahme auf den Bodenseewasserhaushalt und den Hochrhein.

| | | |
|---|---|---|
| Winterhalbjahr | 43,1 – 4,4 | = + 38,7 $m^3/s$ |
| Sommerhalbjahr | – 26,7 – 4,4 | = – 31,1 $m^3/s$ |
| Jahr | 7,6/2 | = + 3,8 $m^3/s$ |

Daraus kann geschlossen werden, dass die Winterwasserstände des Bodensees heute höher und die Sommerwasserstände tiefer liegen als früher. Die entsprechenden Differenzen fallen um eine Zehnerpotenz grösser aus als die der BWV-Entnahme allein zugeschriebenen 1,7 cm. Statt hier aber weitere Abschätzungen vorzunehmen, sei auf die überaus gründlichen Untersuchungen von [2] verwiesen, die für die Entwicklung der Bodenseestände in den letzten hundert Jahren die Kurven von Bild 5 ergeben. Die auf 1987 bezogenen Spiegeländerungen sind zur Verdeutlichung in Tabelle 7 zusammengefasst.

Tabelle 7. Spiegeländerungen im Obersee seit 1888 in cm nach [2]; Stand 1987.

| | Istwert | Sollwert |
|---|---|---|
| Hochwasserstand | – 27 | – 11 |
| Mittelwasserstand | – 16 | 0 |
| Niederwasserstand | + 2 | + 18 |

## 5. Der «andere» Einfluss

Der Unterschied zwischen dem Soll- und dem Istwert der Bodensee-Wasserstände gemäss Tabelle 7 beträgt 16 cm. Um diesen Wert liegt der Bodenseespiegel heute also tiefer, als er früher lag. Das hat weder mit der BWV-Entnahme, die ja eine Absenkung von bloss 1,7 cm verursacht, noch mit den Kraftwerken etwas zu tun, sondern muss – weil der Bodensee-Untersee keine solche Differenz zeigt – mit dem Seerhein zusammenhängen. In der Periode von 1888 bis heute hat sich dort offenbar etwas ereignet, das die Abflusskurve sozusagen um 16 cm verschoben hat. Wurde der Seerhein verbreitert, hat sich seine Sohle eingetieft, änderte sich seine Rauhigkeit? Um diese Fragen zu beantworten, erteilte die Landesanstalt für Umweltschutz von Baden-Württemberg der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie der ETHZ den Auftrag zur Durchführung hydraulischer Berechnungen. Mit einem numerischen Modell soll bestimmt werden, von welcher Grössenordnung diese geometrischen Veränderungen am Seerhein gewesen sein müssen. Die entsprechenden Studien sind noch im Gang.

Am 9. Juli 1992 führte der Zweckverband Bodensee-Wasserversorgung (BWV) auf dem Sipplinger Berg eine Pressekonferenz durch. Dort wurde der Verfasser aufgefordert, über den Einfluss des BWV auf den Bodensee und den Hochrhein zu informieren. Der vorliegende Artikel fasst dieses Referat zuhanden interessierter Fachkreise zusammen.

Literatur


[1] *Vischer, D.*, 1990: Der Bodensee, seine Zuflüsse, seine Schwankungen, sein Abfluss. «wasser, energie, luft», H. 7/8, Baden/Schweiz.

[2] *Luft, G., Vieser,* Hg. 1990: Veränderungen der Bodensee-Wasserstände von 1887 bis 1987. «Deutsche Gewässerkundliche Mitteilungen» 34. Jg. H. 5/6, Koblenz Deutschland sowie im Handbuch Hydrologie Baden-Württemberg. Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, Karlsruhe.

[3] *Naef, F.*, 1989: Hydrologie des Bodensees und seiner Zuflüsse. «Zeitschrift Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik» Nr. 1, Baden/Schweiz.

[4] Hydrologischer Atlas der Schweiz, 1992: Landeshydrologie und -geologie, Bern.

[5] *Schaller, K.*, 1992: Der Einfluss der Stauseen auf Rhein und Bodensee. In «Der Alpenrhein und seine Regulierung», Internationale Rheinregulierung Rorschach.



Adresse des Verfassers: Prof. Dr. *D. Vischer,* Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie, ETH Zentrum, CH-8092 Zürich.


# *Zirkulationsunterstützungsanlage im Pfäffikersee*

Mit einer Zirkulationsunterstützungsanlage nach dem Blasenschleierverfahren sollen die Sauerstoffverhältnisse des Pfäffikersees verbessert und die Mineralisation des Sediments gefördert werden. Im Winter 1991/92 konnten die nötigen Installationen vorgenommen werden.

Da die Wassermassen eines Sees aus limnologischen Gründen während der warmen Jahreszeit nicht gemischt werden dürfen, wurde die Zirkulationsunterstützungsanlage von Frühjahr bis Herbst nicht eingeschaltet. Durch die starke Abkühlung im Spätherbst begann das Wasser des Pfäffikersees natürlich zu zirkulieren, d. h. sauerstoffarmes Wasser aus der Tiefe gelangte an die Oberfläche und konnte hier Stauerstoff aus der Luft aufnehmen. Um diesen natürlichen Vorgang zu intensivieren, wurde durch das Amt für Gewässerschutz und Wasserbau (AGW) am 16. November 1992 die Zirkulationsunterstützungsanlage – vorerst mit reduzierter Leistung – in Betrieb gesetzt. Gestützt auf die laufenden Kontrolluntersuchungen wurde die Leistung schrittweise erhöht. Die Zirkulationsunterstützung erfolgt voraussichtlich bis April 1993. Die Anlage wird dann erneut bis November 1993 stillgelegt. Über den Erfolg dieser seeinternen Sanierung wird das AGW im kommenden Jahr berichten.

## *Wie funktioniert die Anlage?*

Am Ufer des Pfäffikersees ist ein Kompressor mit Windkessel installiert. Während der Wintermonate wird Luft durch vier Kunststoffleitungen zum tiefsten Punkt des Sees geführt. Hier tritt die Luft in Form feiner Blasen aus und erzeugt damit eine Wasserbewegung in vertikaler Richtung. Das sauerstoffarme Wasser aus der Tiefe kann nun an der Oberfläche Sauerstoff aus der Luft aufnehmen. Die künstlich eingetragene Luft dient somit hauptsächlich zur Unterstützung der natürlichen Wasserzirkulation; der direkte Sauerstoffeintrag aus den Luftblasen ins Seewasser ist unbedeutend.

Durch die intensive Wasserzirkulation steigt die Sauerstoffkonzentration im Seewasser an, und fischschädliche Substanzen wie Schwefelwasserstoff, Ammoniak, Ammonium und Nitrit werden oxidiert. Nach einigen Betriebsjahren dürfte am Ende der jährlichen Zirkulationsphase im Frühjahr Sauerstoffsättigung erreicht werden. Somit kann ein möglichst grosser Sauerstoffvorrat für die Sommermonate angelegt werden. Gleichzeitig ermöglicht die erzwungene Wasserzirkulation, dass auch sauerstoffzehrende Substanzen des Sediments mineralisiert werden. Damit wird die Phosphorrücklösung aus dem Sediment – d. h. die Eigendüngung des Sees – verringert.

Amt für Gewässerschutz und Wasserbau des Kantons Zürich (21. Dezember 1992)