

<b>Zeitschrift:</b>	Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria
<b>Herausgeber:</b>	Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband
<b>Band:</b>	106 (2014)
<b>Heft:</b>	1
<b>Artikel:</b>	Lineare und parabolische Korrektur der Driftwerte von hydrologischen Parametern
<b>Autor:</b>	Grasso, Alessandro / Röller, Kai / Petermann, Jürg
<b>DOI:</b>	<a href="https://doi.org/10.5169/seals-939735">https://doi.org/10.5169/seals-939735</a>

### **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:** 10.02.2026

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

# Lineare und parabolische Korrektur der Driftwerte von hydrologischen Parametern

Alessandro Grasso, Kai Röller, Jürg Petermann

## Zusammenfassung

Mittels Sensoren überwacht die Abteilung Hydrologie des BAFU verschiedene hydrologische Parameter der schweizerischen Gewässer.

Leider treten in den hydrologischen Datenreihe gerätebedingte positive oder negative Verschiebungen der Parameterwerte auf, die als Drift bezeichnet werden.

In der Datenbank DAMAST der Abteilung Hydrologie sind zwei Korrekturoptionen der Drift in der hydrologischen Datenreihe implementiert. Die parabolische Korrektur eignet sich für die Fälle, in denen die hydrologischen Parameter nur nichtnegative Werte zulassen (z.B. Wassertrübung). Bei allen anderen Parametern lässt sich die Drift linear korrigieren (z.B. Temperatur).

rameter der schweizerischen Gewässer. Die kontinuierlichen Messungen der hydrologischen Parameter (Wasserdruck, Wassertemperatur, Wassertrübung, elektrische Leitfähigkeit des Wassers usw.) erfolgen mit geeignet kalibrierten Sensoren (Sonden), die den vom jeweiligen Parameter ausgehenden Stromimpuls in einen Messwert umwandeln. Die Messungen werden als kontinuierlich bezeichnet, weil die Messintervalle kurz, d.h. in der Größenordnung von Minuten sind.

Anhand der so entstehenden langen Messreihen kann man unter anderem das Verhalten des jeweiligen Parameters untersuchen, allfällige Trends darstellen sowie Vorhersagen über sein künftiges Verhalten treffen.

Diese Datenreihen weisen häufig eine Drift auf (Abb. 1 und 2). Diese entsteht, wenn bei den Sensoren der Sonde die Kalibrierung verlorengeht oder sie nicht korrekt funktionieren. Um das Problem zu lösen, muss die Sonde aus dem Wasser geholt, gereinigt und gegebenenfalls neu kalibriert werden.

Gerätefehler, die zu Driften in einer Messreihe führen, verfälschen die Analyseergebnisse des untersuchten hydrologischen Parameters.

Um das frühere, gegenwärtige und

## 1. Inhalt

Die kontinuierlichen Messungen der hydrologischen Parameter (Wasserdruck, Wassertemperatur, Wassertrübung usw.) werden mit geeignet kalibrierten Sonden vorgenommen, welche Stromimpulse in Daten für den gesuchten Parameter umwandeln.

Leider treten in diesen kontinuierlichen Datenreihen häufig Verfälschungen als Folge von nicht richtig funktionierenden Sonden auf. Gerätebedingte positive oder negative Verschiebungen der Werte eines hydrologischen Parameters werden als Drift in der Datenreihe bezeichnet.

Bei der Analyse einer Datenreihe muss eine allfällige Drift vorgängig korrigiert werden.

In diesem Bericht werden zwei Methoden zur Driftkorrektur in hydrologischen Datenreihen vorgestellt: die lineare und die parabolische Korrektur. Die beiden Korrekturmödelle sind im Datenmanagementsystem DAMAST der Abteilung

Hydrologie des Bundesamts für Umwelt (BAFU) implementiert.

## 2. Einführung

Die Abteilung Hydrologie des BAFU überwacht verschiedene hydrologische Pa-

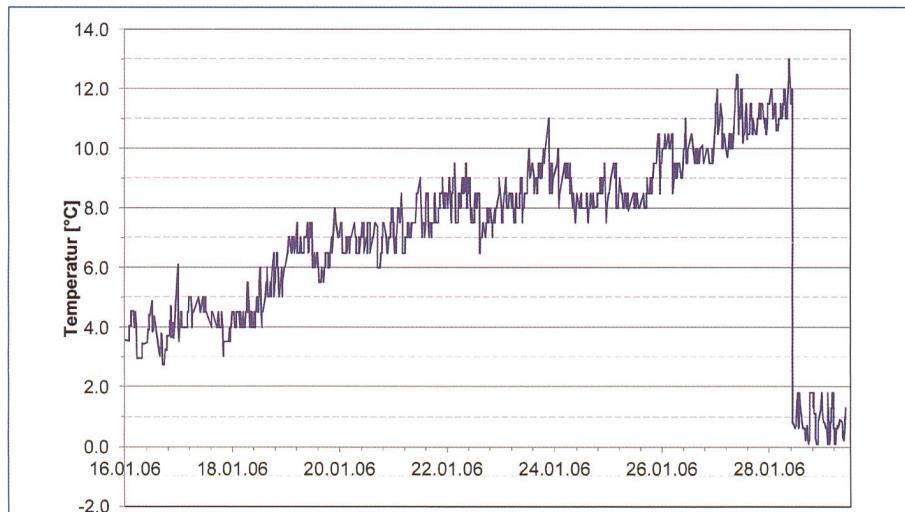


Bild 1. Beispiele für Driften bei Messungen der Temperatur.

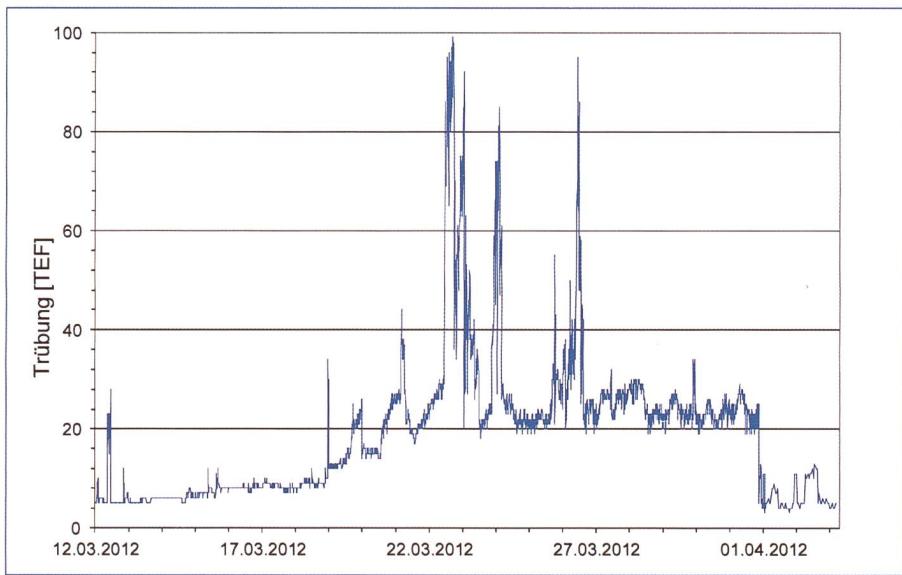


Bild 2. Beispiele für Driften bei Messungen der Trübung.

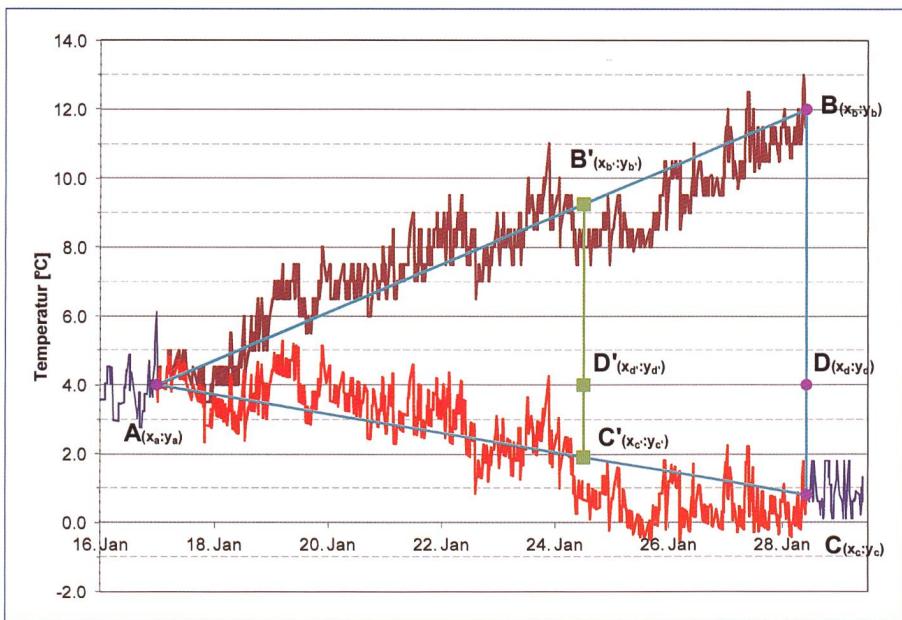


Bild 3. Beispiel einer linearen Korrektur der Temperatur.

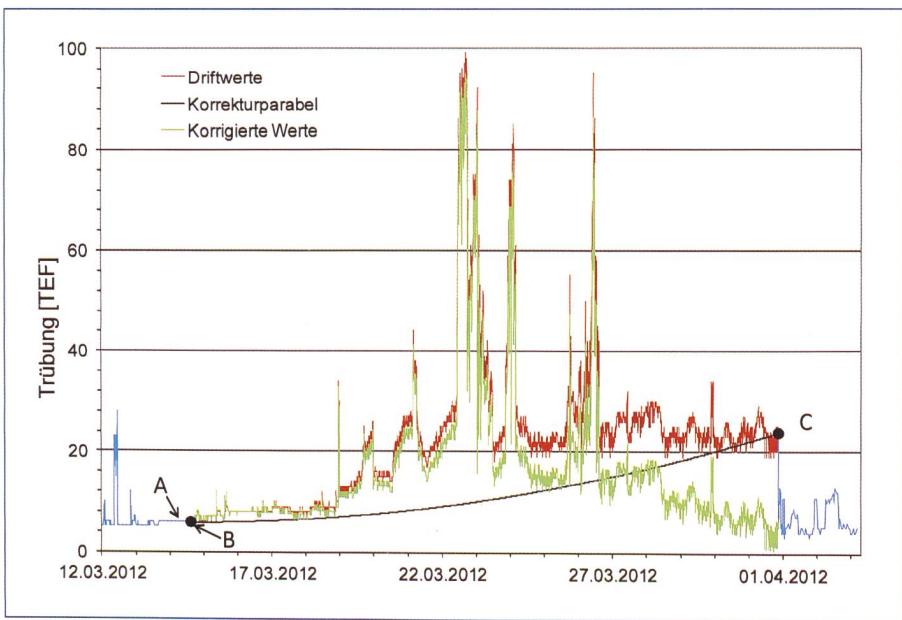


Bild 4. Parabolische Korrektur der gerätebedingten Driftwerte bei Trübungsmessungen.

künftige Verhalten eines hydrologischen Parameters zu studieren, müssen Verfälschungen in der Datenreihe, insbesondere Driften, korrigiert werden.

In diesem Beitrag werden zwei Methoden der Driftkorrektur vorgestellt: die «lineare Korrektur» und die «parabolische Korrektur»; letztere wurde bei der Abteilung Hydrologie des BAFU entwickelt.

### 3. DAMAST (Datenmanagementsystem)

Die in den schweizerischen Gewässern kontinuierlich gemessenen Werte der hydrologischen Parameter werden im Datenmanagementsystem, DAMAST, des BAFU registriert. DAMAST ist ein Produkt der Firma Toposoft GmbH in Aachen (D), welches zusammen mit dem BAFU laufend weiterentwickelt wird. Die Korrektur von Driften, Lücken, offensichtlich falschen Werten usw. der Originalmesswerte erfolgt über die Korrekturoptionen direkt in DAMAST.

### 4. Lineare Korrektur

Die lineare Korrektur der Drift eines Intervalls ( $\overline{AD}$ ) von Daten ( $y$ ) basiert auf der vereinfachenden Annahme, dass die positive oder negative Verschiebung der Werte infolge von Gerätefehlern linear ist. Zur Korrektur wird von den Ordinaten ( $y$ ) des zu korrigierenden Intervalls ( $\overline{AD}$ ) die entsprechende Differenz der durch die Punkte AB und AC verlaufenden Netzordinaten subtrahiert (Bild 3).

Die Dreiecke ABC und  $AB'C'$  sind sich ähnlich, weil sie die gleichen Winkel aufweisen und folglich die Katheten und Höhen direkt proportional zueinander sind:

$$\frac{\overline{B'C'}}{\overline{BC}} = \frac{\overline{AD'}}{\overline{AD}} \quad (1)$$

$$\overline{B'C'} = \frac{\overline{AD'}}{\overline{AD}} * \overline{BC} \quad (2)$$

Die korrigierten Werte der Reihe  $y_{korr.}$  ergeben sich aus der Gleichung (3):

$$y_{korr.} = y - \overline{B'C'} ;$$

$$y_{korr.} = y - \frac{(x_{d'} - x_a)}{(x_d - x_a)} (y_b - y_c) \quad (3)$$

Es ist zu beobachten, dass sich durch die lineare Korrektur einer Reihe (Bild 3) sowohl positive als auch negative Werte ergeben können.

Folglich ist eine solche Korrektur nur in Fällen möglich, in denen der Wert des gemessenen Parameters in den Bereich der reellen Zahlen fällt, wie etwa bei der Temperatur.

In der Hydrologie existieren hydrologische Parameter, wie die Trübung, die nur nichtnegative Werte zulassen, weshalb in diesen Fällen die lineare Korrelation nicht die geeignete ist.

## 5. Parabolische Korrektur

Um dieses Problem zu beheben, wurde bei der Abteilung Hydrologie des BAFU für alle hydrologischen Parameter, die, wie z.B. die Trübung, nur nichtnegative Werte aufweisen, eine parabolische Korrektur vorgeschlagen. Dabei geht man davon aus, dass eine durch die Messgeräte bedingte Verschiebung der Werte parabolisch verläuft.

Ist das zu korrigierende Intervall  $A_1(x_1:y_1) A_2(x_2:y_2)$  definiert, wird die Parabel konstruiert (Gleichung 4):

$$y = a \cdot x^2 + b \cdot x + c \quad (4)$$

Die Parabel wird durch die drei Punkte  $A(x_a:y_a)$ ,  $B(x_b:y_b)$  und  $C(x_c:y_c)$  definiert (Bild 4).

Damit das Ergebnis der parabolischen Korrektur wie bei der linearen Korrektur nur von den Extrema des zu korrigierenden Intervalls  $(A_1, A_2)$  abhängig ist, erfolgt die Wahl der Punkte  $A$ ,  $B$  und  $C$ , welche die Parabel eindeutig bestimmen, gemäss folgenden Kriterien:

- 1) Die Koordinaten des ersten Punkts  $A(x_a:y_a)$  der Parabel stimmen mit jenen des Infimums  $A_1(x_1:y_1)$  des zu korrigierenden Intervalls überein.
- 2) Der Zwischenpunkt  $B(x_b:y_b)$  der Parabel wird automatisch festgelegt. Die Abszisse von  $B$  liegt nahe jener von Punkt  $A$  ( $x_b = x_a + \Delta$ ) und hat dieselbe Ordinate ( $y_b = y_a$ ).  $\Delta$  entspricht dem Intervall zwischen

zwei aufeinander folgenden Messungen.

Die Abszisse von Punkt  $C(x_c)$  ist gleich jener des Supremums des Intervalls ( $x_c = x_2$ ). Die Ordinate von  $C(y_c)$  wird interaktiv und mit anschliessenden Verfeinerungen berechnet, sodass nach der Korrektur der tiefste Wert des Intervalls positiv ist und nahe bei null liegt.

Die Koeffizienten  $a$ ,  $b$  und  $c$  der Gleichung (4) bilden die Lösung des folgenden linearen Gleichungssystems:

$$\begin{aligned} y_a &= a + x_a^2 + b \cdot x_a + c \\ y_b &= a + x_b^2 + b \cdot x_b + c \\ y_c &= a + x_c^2 + b \cdot x_c + c \\ \begin{pmatrix} y_a \\ y_b \\ y_c \end{pmatrix} &= \begin{pmatrix} x_a^2 & x_a & 1 \\ x_b^2 & x_b & 1 \\ x_c^2 & x_c & 1 \end{pmatrix} \end{aligned} \quad (5)$$

Mithilfe der Matrixberechnung (Cramersche Determinantenregel) lässt sich das lineare Gleichungssystem (3) lösen und die Koeffizienten der Gleichung (4) lassen sich berechnen:

$$\begin{aligned} a &= \frac{\begin{pmatrix} y_a & x_a & 1 \\ y_b & x_b & 1 \\ y_c & x_c & 1 \end{pmatrix}}{\begin{pmatrix} x_a^2 & x_a & 1 \\ x_b^2 & x_b & 1 \\ x_c^2 & x_c & 1 \end{pmatrix}} \\ b &= \frac{\begin{pmatrix} x_a^2 & y_a & 1 \\ x_b^2 & y_b & 1 \\ x_c^2 & y_c & 1 \end{pmatrix}}{\begin{pmatrix} x_a^2 & x_a & 1 \\ x_b^2 & x_b & 1 \\ x_c^2 & x_c & 1 \end{pmatrix}} \\ c &= \frac{\begin{pmatrix} x_a^2 & x_a & y_a \\ x_b^2 & x_b & y_b \\ x_c^2 & x_c & y_c \end{pmatrix}}{\begin{pmatrix} x_a^2 & x_a & 1 \\ x_b^2 & x_b & 1 \\ x_c^2 & x_c & 1 \end{pmatrix}} \end{aligned} \quad (6)$$

Die Korrektur der gerätebedingten Drift der Datenreihe im Intervall  $(A_1, A_2)$  ergibt sich durch die Subtraktion der mit Gleichung (4) berechneten Ordinaten der Parabel  $y_{par}$ , von den Ordinaten der Datenreihe  $y_{serie}$ .

Die Korrektur der Drift in der Datenreihe beginnt bei  $B$ . Ab Punkt  $B$  ist die Parabel monoton (Bild 4).

## 5. Fazit

Wertreihen von hydrologischen Parametern weisen häufig eine gerätebedingte Drift auf. Die Untersuchung eines hydrologischen Parameters bedarf einer vor gängigen Korrektur aller gerätebedingten Verfälschungen in seiner Datenreihe. Die parabolische Korrektur einer Drift ist in all jenen Fällen ratsam, in denen die hydrologischen Parameter, wie zum Beispiel die Wassertrübung, nur nichtnegative Werte zulassen. Bei allen anderen Parametern, wie etwa bei der Temperatur, lässt sich die Drift linear korrigieren.

### Dank

Wir danken Andrea Geissel und Martin Latscha aus der Abteilung Hydrologie für die operativen Tests des Moduls «Parabolische Korrektur» der Datenbank DAMAST.

### Anschrift der Verfasser

Dr. Alessandro Grasso

Tel. +41 (0)31 324 76 69

alessandro.grasso@bafu.admin.ch

Jurg Petermann

Tel. +41 (0)31 322 49 86

jurg.Petermann@bafu.admin.ch

Bundesamt für Umwelt, Abteilung Hydrologie

BAFU, CH-3003 Bern, CH-3063 Ittigen

Kai Röller

Tel. +41 (0)31 324 76 33

roeller@topsoft.de

Toposoft GmbH (D)

# Bestellen Sie unsere Verbandsschriften direkt unter: [www.swv.ch](http://www.swv.ch)



VS: Nr. 67, *Der Schweizerische Wasserwirtschaftsverband 1910–2010, ein Portrait*, von Dr. Walter Hauenstein, 2010, 156 S. Format 17 x 24 cm, ISBN 978-3 85545-155-5, CHF 40.–.



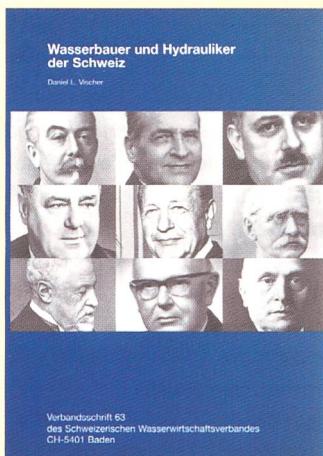
VS: Nr. 66, *Die Engadiner Kraftwerke – Natur und Technik in einer aufstrebenden Region*, von Robert Meier, 2003, 207 S., Format 28.5 x 20.5 cm, ISBN 3-85545-129-X, CHF 60.–.



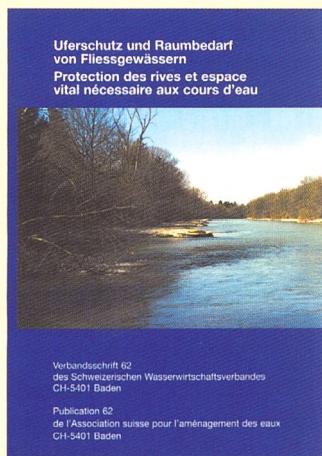
VS: Nr. 65, *Wasserkraft – die erneuerbare Energie*. Beiträge des internationalen Symposiums vom 18./19. Okt. 2001 in Chur, CHF 30.–.



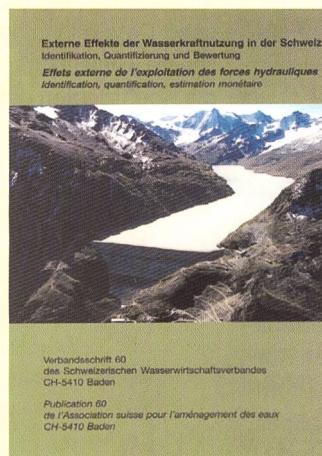
VS: Nr. 64, *Ökologische (Teil A) und technisch/ökonomische Qualitäten der Wasserkraft*. ecoconcept Zürich und Schnyder Ingenieure AG, Ottenbach, CHF 40.–.



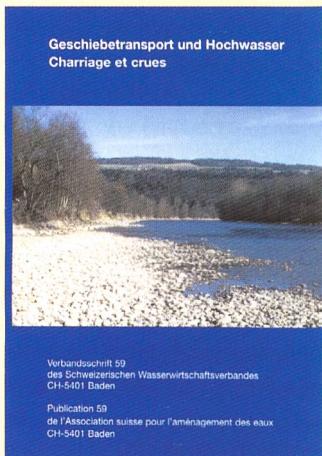
VS: Nr. 63, *Wasserbauer und Hydrauliker der Schweiz*. Kurzbiographien ausgewählter Persönlichkeiten, 2001, von Daniel L. Vischer, CHF 50.–.



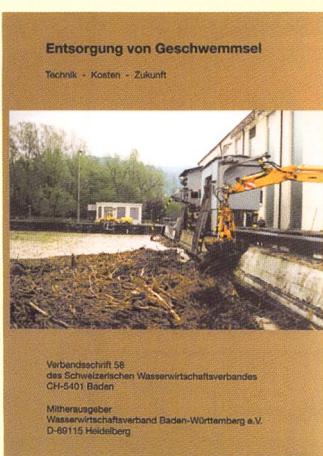
VS: Nr. 62, *Uferschutz und Raumbedarf von Fließgewässern/Protection des rives et espace vital nécessaire aux cours d'eau*, 2001, von Daniel L. Vischer, CHF 40.–.



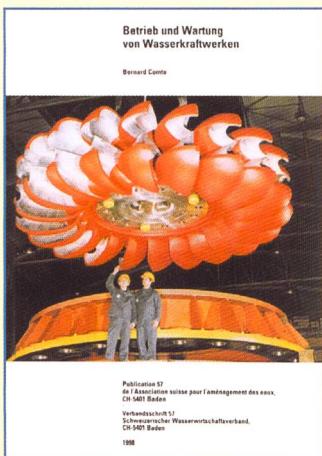
VS: Nr. 60, *Externe Effekte der Wasserkraftnutzung / Effets externs de l'exploitation des forces hydrauliques*, 1999, CHF 50.–.



VS: Nr. 59, *Geschiebetransport und Hochwasser/Charriage et crues*, Vorträge in Biel, 1998, CHF 50.–.



VS: Nr. 58, *Entsorgung und Geschwemmsel*, Stand der Technik – Kosten – Zukunft, Vorträge in Bad-Säckingen, 1998, CHF 50.–.



VS: Nr. 57, *Betrieb und Wartung von Wasserkraftwerken*, 1998, Bernard Comte, CHF 120.–.



VS: Nr. 54, *Directives pour l'exploitation et la maintenance des groupes hydroélectriques*, 1995, Bernard Comte, CHF 98.–.