

Solare Klärschlamm-trocknung in der Praxis

Erfahrungen auf der ARA Glarnerland

HANS-RUDOLF ZWEIFEL, OTTO FISCHLI, HERBERT BRAUCHLI,
PATRIK HERRMANN



H.-R. ZWEIFEL

1. Ausgangslage und Zielsetzung

In der Schweiz fallen jährlich, auf die Trockensubstanz bezogen, etwa 200 000 t stabilisierten Klärschlamm an. Davon gehen 9 % in KVAs zur Verbrennung, 32 % in Schlammverbrennungsanlagen und industrielle Feuerungen, 10 % in Zementwerke, 42 % in die Landwirtschaft und 7 % gingen bis anhin noch auf Deponien [1]. Rund die Hälfte also wird auf irgendeine Art und Weise der Verbrennung zugeführt. Wegen des Deponieverbots und der abnehmenden Bereitschaft der Landwirtschaft, Klärschlamm abzunehmen, wird der Anteil der Verbrennung in den nächsten Jahren tendenziell eher noch zunehmen. So wurde der Anteil, der in die Verbrennung gelangte, für den 1.1.2000 auf 56 % geschätzt [2]. Bei allen Verbrennungs- und Trocknungsprozessen muss das Wasser unter Energieaufwand verdampft werden und der nasse Klärschlamm muss, falls die Anlagen zur Trocknung nicht direkt auf den Kläranlagen installiert sind, zu den entsprechenden Anlagen transportiert werden.

Die ARA Glarnerland produziert jährlich etwa 4000 t entwässerten Faulschlamm (Trockensubstanz TS 25 %), der durch Verbrennung in der KVA entsorgt wird. Die neue solare Klärschlamm-trocknungsanlage der ARA nutzt die Sonnenenergie und die Abwärme des Blockheizkraftwerks zur partiellen Vortrocknung des Faulschlamm. In zwei Hallen wird der Faulschlamm von 25 % auf 40–50 % TS vorgetrocknet. Nach einem Betriebsjahr zeigte sich, dass etwa 1600 t Wasser verdampft werden konnte und eine gute Verwertung der betriebseigenen Abwärme erreicht wurde. Die Anzahl der Strassen-transporte konnte um 40 % reduziert werden, und es resultierte eine starke Reduktion der Entsorgungskosten.

Station de séchage des boues à énergie solaire – Expériences à la station d'épuration du canton de Glaris

La station d'épuration du canton de Glaris produit chaque année env. 4000 tonnes de boues digérées (TS 25 %), qui sont traitées par séchage puis incinérées dans l'usine d'incinération des ordures ménagères. Une nouvelle station de séchage des boues à énergie solaire a été installée. L'énergie requise est d'une part solaire et provient, d'autre part, de la récupération des rejets thermiques de la centrale thermique monobloque. Le préséchage s'effectue dans deux serres et permet une augmentation de la teneur en matière sèche de 25 % à 40–50 %. Après une année d'exploitation, on constate qu'environ 1600 tonnes d'eau peuvent être évaporées et que la récupération des rejets de chaleur de l'installation est bonne. Les transports routiers sont diminués de 40 %. Il en résulte une forte réduction des coûts de traitement.

Solar Sludge Drying Plant – Experiences at the Water Purification Plant Glarnerland

The water purification plant Glarnerland produces yearly roughly 4000 tons of digested sludge (DM 25 %). Through drying, partially using in agriculture and the rest burning in the county's waste incineration plant the final disposal of the sludge is solved. The new solar sludge drying plant uses solar energy and waste heat taken from the electrothermal power station. In the new solar drying plant the digested sludge is partially predried in two greenhouses from a dry mass content of 25 % to 40–50 %. After only one year in operation, it was shown that in the solar plant not only 1600 tons of water were evaporated, but also that the purification plant's waste heat recovery was efficient. The amount of transports by road was reduced by 40 % and a large overall reduction in disposal costs was achieved.

Die Entsorgung des Klärschlamm ist kostenintensiv und betrug 1998 für die ARA Glarnerland etwa 40 % der gesamten Betriebskosten von 1,6 Mio. Franken. Günstige Aufbereitungs- und Ent-

sorgungsmöglichkeiten mit möglichst geringen negativen Auswirkungen auf die Umwelt sind daher gefragt. In Bilten GL wurde 1999 die erste solare Klärschlamm-trocknungsanlage der Schweiz

gebaut mit dem Ziel, den Klärschlamm partiell von 25 % auf maximal 45 % Trockensubstanz vorzutrocknen. Bei 45 % TS ist der Schlamm noch pumpbar und behält seine günstigen rheologischen Eigenschaften. Die mit der Trocknung einhergehende Reduktion der in die KVA zu entsorgenden Schlammmasse sollte zu einer markanten Verringerung der Entsorgungskosten führen. Zweites Ziel war die bessere Nutzung der aus dem Blockheizkraftwerk der ARA anfallenden überschüssigen Abwärme, die nicht für die Schlammhygienisierung gebraucht wird. Ein drittes Ziel war die Erhöhung des Heizwertes des Schlammes und die damit verbundene Reduktion der Anzahl der Transportfahrten. Mit einem umfangreichen Messprogramm wurden über ein Jahr hinweg die relevanten Energiedaten erfasst sowie eine Energie- und Massenbilanz für die Anlage erstellt.

2. Beschrieb der Anlage

Das Verfahren ist konzipiert für die Trocknung von stichfestem Schlamm. Die Anlage wurde auf einen Jahresdurchsatz von maximal 3600 t Klärschlamm ausgelegt. Sie besteht aus zwei parallel angeordneten Hallen, vergleichbar mit Treibhäusern, durch die der Schlamm mittels Schubwendern transportiert wird (Abb. 1).

Die Hallen sind identisch aufgebaut und eignen sich deshalb gut, um Vergleichsversuche zur Optimierung des Betriebs und der Effizienz der Trocknung durchzuführen. Die gesamte Gebäudegrundfläche beider Hallen beträgt 1440 m² mit den Massen von je 10 m Breite und 72 m Länge. Die aktiv für die Trocknung benutzte Fläche ist 1244 m², die Flächen für das Ein- und Ausbringen des Schlammes an den offenen Breitseiten betragen gesamthaft 156 m². Im Boden der vordersten 28 m der Hallen ist je eine Bodenheizung eingebracht, die mit der Abwärme des Blockheizkraftwerks betrieben wird. Das Dach und die Seitenwände sind mit einer Folie aus Polyethylen (PE) und Ethylvinylacetat (EVA) eingedeckt, die gut durchlässig ist für die Sonnenstrahlung (g-Wert 83 %, IR 30 %). Entlang der Längswände befinden sich Lüftungsschlitze und auf dem Dach regulierbare Lüftungsklappen. Die Längsachsen sowie die Transportrichtung des Schlammes verlaufen von SSO nach NNW. Der Schlamm mit einem TS von 25 % ab der



Abb. 1 Trocknungshalle



Abb. 2 Schubwender

Siebbandpresse wird vom Stapelbunker mit einem Pneulader stirnseitig aufgegeben und durch die Schubwender aufgelockert, vermischt und zur gegenüberliegenden Hallenseite transportiert, von wo er nach dem Durchlaufen der Halle auf Lastwagen verladen und der KVA zugeführt wird (Abb. 2).

Der Wender läuft auf zwei metallenen Rechteckprofilen, die auf seitlichen Ortsbetonmauern montiert sind. Durch die Wellenrotation des Wenders wird der Schlamm bei jedem Wenden um circa 50 cm in Richtung der gegenüberliegenden Stirnseite versetzt. Die Höhe der Schlammschicht beträgt im Normalbetrieb 30 cm, Anstauhöhen von 80 cm

sind aber machbar. Durch den Trocknungsprozess entsteht ein Granulat mit einer Korngröße von etwa 1 bis 10 mm, selten auch 20 mm. Die Steuerung des Schubwenders erfolgt über eine speicherprogrammierbare Steuerung (SPS), die es erlaubt, zeitlich kontrollierte Abläufe zu programmieren, den örtlichen Start- und Zielpunkt in der Halle festzulegen sowie die Eintauchtiefe des Wenders und die Häufigkeit der Wendezyklen zu variieren. Die vertikale Vermischung des Schlammes an Ort und Stelle sowie der Weitertransport durch die Halle wird durch verschiedene Programme geregelt, die auch die momentane Einstrahlung der Sonne berücksich-

tigen. Neben der Anlage wurde eine Wetterstation mit Anschluss an das Prozessleitsystem eingerichtet.

3. Biologisches Verhalten des Schlammes

Die durchschnittliche Aufenthaltszeit des Schlammes in den Hallen wurde mit Markierversuchen und visuell bestimmt. Es zeigte sich, dass der Vorschub des Schlammes mit täglich vier Transportzyklen durchschnittlich 2 Meter pro Tag war und somit die durchschnittliche Aufenthaltszeit etwa einen Monat betrug. Es war daher von Interesse zu untersuchen, ob der Schlamm während dieser Zeit eine feststellbare biologische Aktivität entwickelt. Ein anaerober Batchversuch (37 °C, TS auf 5 % und pH auf 7,3 eingestellt) zeigte, dass der getrocknete Schlamm, im Gegensatz zu Schlamm direkt ab der Siebbandpresse, kein Biogas mehr produzierte und somit keine anaerobe Aktivität mehr auswies. Der Anteil der organischen Trockensubstanz an der gesamten Trockensubstanz blieb während der Trocknung über die ganze Länge der Hallen konstant. Dies deutet darauf hin, dass allfällige Abbauprozesse von organischem Material, wenn überhaupt, nur in sehr kleinem Ausmass stattfinden. Dieser Befund wird zusätzlich gestützt durch die Tatsache, dass Messungen mit einem Gaswarngerät 50 cm über der Schlammoberfläche und direkt im Schlamm keine Messwerte über 0,5 Volumenprozent CO₂ und 5000 ppm Methan ergaben und dass örtlich verteilte Messungen der Schlammtemperaturen im Hallenbereich ohne Bodenheizung konstante Werte ergaben. Eine geringe aerobe Aktivität des Schlammes konnte jedoch mit Feststoff-BSB₅-Messungen nachgewiesen werden. Auch bei Kompostierungsversuchen in Mieten von 0,5 und 3 m Höhe zeigten sowohl der Schlamm ab Siebbandpresse als auch der auf 40% TS getrocknete Schlamm noch starke biologische Aktivität. Bei 3 m hohen Mieten und 40% TS stieg die Kerntemperatur bis auf 75 °C und es resultierte eine Massenreduktion. Der Abbau der organischen Substanz durch diese Rottevorgänge wurde im Rahmen dieser Arbeit nicht näher untersucht. Die bisherigen Erfahrungen lehren, dass durch die geringe Schütthöhe von 30 cm in der Trocknungsanlage kaum eine Eigenerwärmung stattfinden kann und Kompostierungsprozesse weitgehend un-

terbunden sind. Während des ganzen Jahres konnten keine lästigen Geruchsemissionen festgestellt werden. Die Untersuchung des getrockneten Schlammes auf mesophile Keime (koloniebildende Einheiten auf Standard-I-Agarplatten) erbrachte Werte in der Grössenordnung von 1–3 × 10⁶ koloniebildende Einheiten pro g Trockensubstanz. Der Vergleich der Untersuchungen Bilten und Kandern-Hammerstein, Deutschland, zeigt, dass der getrocknete Klärschlamm in Bilten eine ähnliche Keimzahl aufweist wie der in Hammerstein

[3]. Das Gutachten Hammerstein kommt für die dortige Anlage zum Schluss, dass keine speziellen Arbeitsschutzmassnahmen für Personen, die im Bereich der solaren Klärschlamm-trocknungsanlage arbeiten, nötig sind.

4. Energie- und Massenbilanz

Der Eintrag der Energie in die Anlage konnte im Gegensatz zum Energieaustrag gut gemessen und berechnet werden. Die horizontale solare Globalstrah-

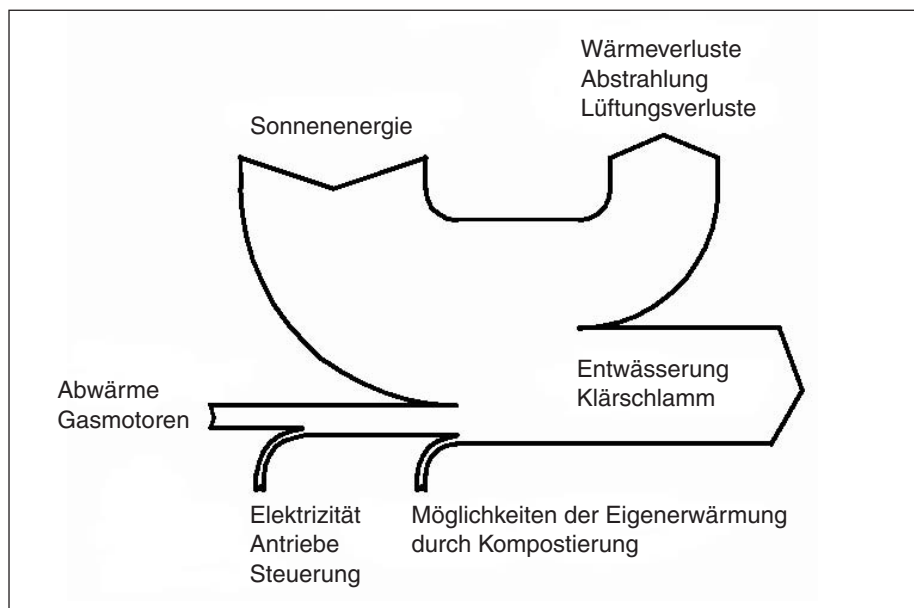


Abb. 3 Schematisches Energieflussdiagramm

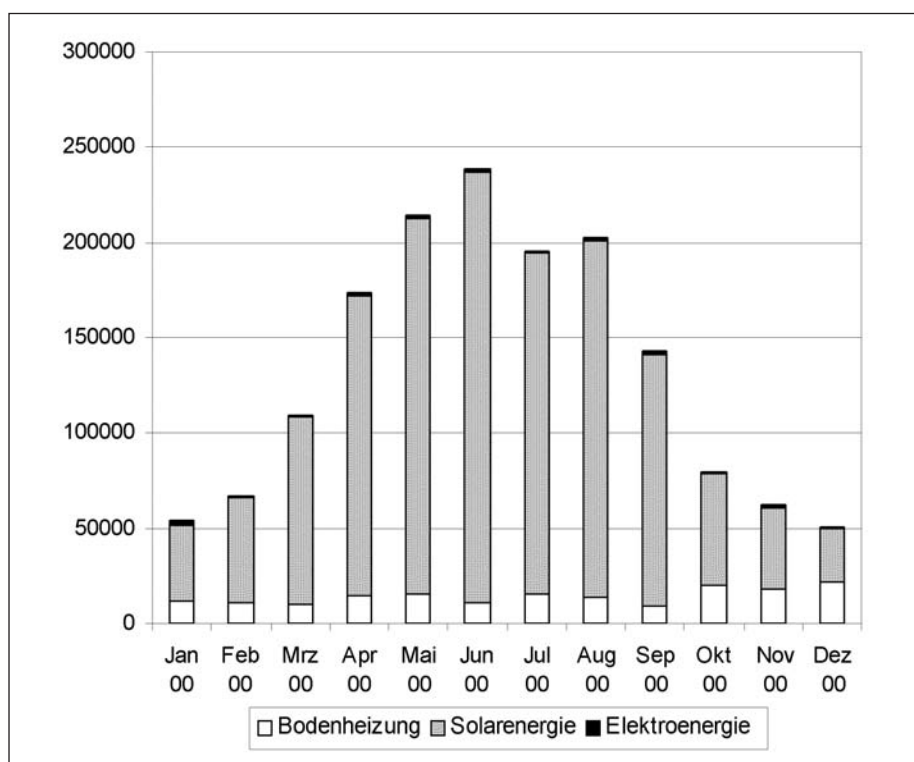


Abb. 4 Energieinput in kWh, Halle 1 und 2

lung wurde auf der Wetterstation gemessen, die Energie der Bodenheizung konnte aus der Messung der Vor- und Rücklauftemperaturen und des Wasserflusses berechnet werden und die Elektroenergie wurde über Zähler erfasst (Abb. 3).

Die Darstellung der Energieeinträge zeigt die erwartete Zunahme der Solarstrahlungswerte während der Sommermonate. Die Zunahme der Werte der Bodenheizung ab Oktober ist auf eine Erhöhung der Gasproduktion auf der Anlage zurückzuführen. Bei der Solarstrahlung sieht man den Einfluss des verregneten Juli (Abb. 4).

Der Wirkungsgrad der Bodenheizung ist noch nicht bekannt, wird aber zur Zeit untersucht. Entlang der ganzen Seitenränder der Hallen trocknete der Schlamm sichtbar besser. Dieser positive Randeffect konnte mit 1,5 % der gesamten Trocknungsleistung quantifiziert werden. Wie Versuche zeigten, ist dies kaum durch die Wärmereflexion der Wände verursacht, sondern beruht besonders auf dem Luftzutritt durch die seitlichen Lüftungsschlitze. Eine zusätzliche aktive Belüftung der Hallen zur Steigerung der Trocknungsleistung mittels Ventilatoren wird deshalb versuchsweise in einer Halle ab Januar 2001 durchgeführt. Es zeigte sich, dass im

Jahr 2000 eine übers Jahr gesehene durchschnittliche Erhöhung des Trockenrückstands von 25 % auf 40 % möglich war und damit eine Massenreduktion des zu entsorgenden Schlammes um 1600 t resultierte (Tab. 1).

Table 1 zeigt die Energie- und Massenbilanz für das Betriebsjahr 2000. Bei den Monatswerten für den Wasserentzug in Kolonne 5 handelt es sich teils um geschätzte Zahlen, die Gesamtsumme von 1600 t jedoch ist erhärtet. Es zeigte sich, dass der Verbrauch an elektrischer Energie, die für Wender, Pumpen und Messeinrichtungen gebraucht wurde, marginal war gegenüber den beiden andern Energieträgern. Die eingebrachte Sonnenenergie bestimmt im Wesentlichen den erreichbaren Trocknungsgrad. Für den Standort Bilten liegen keine langfristigen Messungen der horizontalen globalen Solarstrahlung vor. Um trotzdem das Jahr 2000 bezüglich der Solarstrahlung einzuordnen, wurden die Messwerte der SMA-Stationen Glarus und Zürich des Jahres 2000 mit deren 10-Jahres-Mittelwerten 1981–1990 verglichen. Der Vergleich zeigt, dass das Jahr 2000 ein sonniges Jahr war. So wurden im Jahr 2000 in Glarus 1016 kWh/m² gemessen, was 2,4 % über dem 10-Jahres-Mittel lag. Für Zürich-SMA waren es mit 1119

kWh/m² gar rund 5,6 % über dem 10-Jahres-Mittel. Im langjährigen Durchschnitt muss bei gleicher Betriebsweise daher mit 3 bis 4 % geringeren Trocknungsleistungen als im Jahr 2000 gerechnet werden.

5. Diskussion und Ausblick

Die Verminderung der zu entsorgenden Schlammmasse im Jahr 2000 um 1600 t, die nicht an die KVA abgeliefert werden musste, hatte für den Betreiber der ARA Glarnerland eine Einsparung von Abnahmegebühren und Transportkosten von insgesamt 320 000 Franken zur Folge. Die Anlage bedurfte einer Gesamtinvestition von 1,3 Mio. Franken exklusive Landerwerb. Der zusätzliche Aufwand für Betrieb und Wartung wurde auf 600 Arbeitsstunden pro Jahr veranschlagt. Die anderweitig nicht nutzbare Abwärme der ARA kann positiv genutzt werden. Die Anzahl der notwendigen Transporte verminderte sich um 40 %. Die Emissionen durch die Transporte werden reduziert und die weitergehende Trocknung des Schlammes in der KVA braucht weniger Energie. Der Betrieb der Anlage kann insbesondere in den Wintermonaten noch optimiert werden. Versuche mit

Energie- und Massenbilanz, Kosteneinsparungen im Jahr 2000

Monat	Abwärme [kWh]	Sonne [kWh]	El. Energie [kWh]	Energie gesamt		Wasserentzug [t H ₂ O]	Elektr. spez. [kWh / t H ₂ O]	Umwandlung [-]	Einsparung [Fr.]
	[1]	[2]	[3]	[4] = [1] + [2] + [3]		[5]	[6] = [3] / [5]	[7] = '[5]' / [4]	[8] = '[5]'
Jan.	11 500	40 200	2400	54 100	194 800	70	34,3	81 %	14 000
Febr.	10 400	55 300	1000	66 700	240 100	80	12,5	75 %	16 000
März	10 100	98 500	1300	109 900	395 600	110	11,8	63 %	22 000
April	14 400	157 500	1800	173 700	625 300	160	11,3	58 %	32 000
Mai	15 300	197 300	2000	214 600	772 600	190	10,5	55 %	38 000
Juni	10 500	226 600	1300	238 400	858 200	180	7,2	47 %	36 000
Juli	15 000	179 000	1500	195 500	703 800	170	8,8	54 %	34 000
Aug.	13 900	186 900	1600	202 400	728 600	160	10,0	50 %	32 000
Sept.	9 000	132 200	1600	142 800	514 100	190	8,4	83 %	38 000
Okt.	19 900	58 300	1600	79 800	287 300	110	14,5	86 %	22 000
Nov.	18 100	42 800	1600	62 500	225 000	70	22,9	70 %	14 000
Dez.	21 400	28 500	800	50 700	182 500	60	13,3	74 %	12 000
Gesamt	169 500	1 403 100	18 500	1 591 100	5 727 900	1 600	11,6	63 %	320 000

Kosten Klärschlamm Entsorgung: [Fr./t] 200 (Spalte [8]); Verdampfungswärme: [kWh/t] 627 (Spalte [7]); Investitionskosten Anlage: [Fr.] 1 300 000

Tab. 1 Massenbilanz und Kosteneinsparungen

Variationen der Durchlaufzeiten des Schlammes und der Höhe der Schlamm-schicht sind geplant. Anfang Januar 2001 wurden zwei Ventilatoren mit einer Leistungsaufnahme von je 0,16 kW und einem frei blasenden Volumenstrom von je 4230 m³ Luft/Stunde eingebaut. Die am schwierigsten zu erfüllende Rahmenbedingung der solaren Klärschlamm-trocknung ist zweifellos deren grosser Platzbedarf. Er beträgt pro Tonne zu trocknenden Schlamm etwa 1 bis 1,5 m². Günstige Voraussetzungen für solare Trocknungsanlagen sind genügend Platz, lange Transportwege für den Schlamm in die KVA und gute topographische Verhältnisse bezüglich Sonneneinstrahlung. Die optimale Betriebsgrösse für die vorgestellte Art der Anlage liegt zwischen 10000 und 100000 Einwohnergleichwerten.

Literaturverzeichnis

- [1] Buwal. Abfallstatistik 1998. Abfälle, Umweltmaterialien 119. Bern.
- [2] VSA-Verbandsbericht Nr. 526. (1999): Verfahren zur Trocknung und Verbrennung von Klärschlamm. Referat von Dr. M. Stamm-bach, Mono-Verbrennung und Mitverbrennung von Klärschlamm in Kehrichtverbrennungsanlagen.
- [3] Abesser A. (1996): Abschlussbericht zu den hygienisch-mikrobiologischen Untersuchungen am solaren Klärschlamm-trockner Kandern-Hammerstein. Universität Hohenheim, Stuttgart.

Verdankung

Wir danken dem Bundesamt für Energie für die finanzielle Unterstützung der Messkampagne.

KEYWORDS


Solare Klärschlamm-trocknung – Klärschlamm-trocknung – Klärschlamm-trocknung – Klärschlamm-trocknung

ADRESSE DES AUTORS


Hans-Rudolf Zweifel
Hochschule Wädenswil
Abt. Biotechnologie
Einsiedlerstrasse 31, 8820 Wädenswil
Tel. 01/789 97 66, Fax 01/789 99 95
E-Mail: h.zweifel@hswzfh.ch

Co-Autoren:

Otto Fischli
Energieprojekte Fischli, 8752 Näfels
Herbert Brauchli
ARA Glarnerland, 8865 Bilten
Patrik Herrmann
(Adresse siehe Autor)



Trinkwasser
santé
eau potable
acqua potabile



Kennen Sie unsere taufische Trinkwasserbroschüre?

- sie zeigt die vielfältige Welt des Wassers:
 - Wasser im Kreislauf der Natur
 - Wasser im künstlichen Kreislauf (die Wasserversorgung)
 - Wasser als Rohstoff der Zukunft
- sie ist zusätzlich individuell auf Ihre Bedürfnisse anpassbar
- sie ist ideales PR-Mittel zum Abgeben (an BesucherInnen, Schulen etc.)
- sie ist soeben gedruckt und brandaktuell

Sie ist beim SVGW erhältlich.

Ihr Interesse freut uns sehr.

SVGW, Paul Sicher
Grütlistrasse 44, Postfach 658
8027 Zürich, Tel. 01/288 33 33, E-Mail: p.sicher@svgw.ch