

Langsamfilter bei der Grundwasseranreicherung. Zehnmal längere Laufzeit als bisher

Maarten Schalekamp, Zürich

Zusammenfassung

Im Jahre 1971 wurde festgestellt, dass die Langsamfilter im Seewasserwerk Lengg, Zürich, welche mit einer 10 cm Aktivkohle PKST 0,5-2,5 beschickt wurden, eine sechsmal längere Laufzeit aufwiesen als diejenigen ohne Aktivkohlefilterschicht. Diese Erfahrung wurde dann beim Bau der Grundwasseranreicherungsbecken Hardhof benützt. Sämtliche Becken mit je einer Fläche von ca. 4000 m² wurden mit einer ca. 10 cm Aktivkohleschicht PKST 0,5-2,5 mm beschickt und mit einem 1,2 mm dicken Bauvlies abgedeckt. Nach zehn Jahren wurde das Filterbecken 3 gereinigt. Das Bauvlies sowie die Aktivkohleschicht und 7,5 cm Sand wurden entfernt. Statt teurer Aktivkohle wurde nun ein gut gewaschener Splitt 3-6 mm aufgebracht und wiederum mit einem Bauvlies abgedeckt. Die Druckverluste sind nach dieser Reinigung gleich niedrig wie vor zehn Jahren.

Mise en oeuvre de filtres lents pour la réalimentation de la nappe phréatique. Temps de service prolongé de dix fois par rapport à celui atteint jusqu'ici - Résumé

En 1971 on constata que les filtres lents de la station de traitement d'eau de lac Lengg munis d'une couche de charbon actif PKST 0,5-2,5 de 10 cm se caractérisaient par une durée de service six fois plus longue en regard des éléments dépourvus de charbon. Cette expérience fut alors prise en considération lors de la construction des bassins de réalimentation du Hardhof. Tous les bassins, d'une superficie d'env. 4000 m² chacun, furent munis d'une couche de charbon actif PKST 0,5-2,5 mm d'env. 10 cm, et recouverts d'un tissu synthétique de 1,2 mm analogue à ceux utilisés en construction. Après dix années de service le bassin 3 a été nettoyé. On procéda à l'enlèvement du tissu, ainsi que de la couche de charbon actif de 7,5 cm de sable. A la place du charbon actif coûteux, on prévoit dorénavant une couche de gravillon concassé, 3-6 mm soumis préalablement à un bon lavage, le tout étant à nouveau recouvert d'un tissu synthétique. Après ce renouvellement les pertes de pression s'avèrent aussi faibles qu'il y a dix années.

Slow Sand Filter for Ground-Water Enrichment. Ten times longer Filter Run than was usual up to now - Summary

In 1971 it was discovered that the slow sand filters of the Lakewater Plant Lengg, Zurich, which were charged with a 10 cm thick layer of activated carbon PKST 0.5-2.5 mm showed a six-times longer filter run than those without an activated carbon filtering layer. This discovery was then used for the construction of the groundwater enrichment basins Hardhof. All enrichment basins, each with an area of about 4000 m², were charged with a 10 cm activated carbon filtering layer PKST 0.5-2.5 mm and covered by a 1.2 mm thick fleece. After ten years filter basin No. 3 was cleaned. The fleece as well as the activated carbon layer and 7.5 cm sand were removed. Instead of the expensive activated carbon an easily-washable gravel of 3-6 mm grain was charged and the whole covered again by a fleece. The pressure losses after this cleaning process are as low as they were ten years ago.

1. Allgemeines

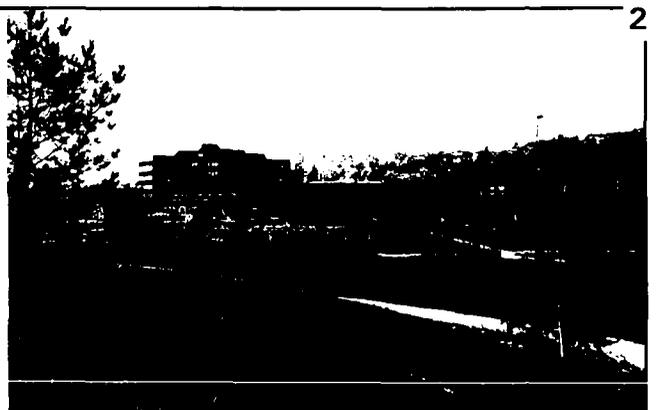
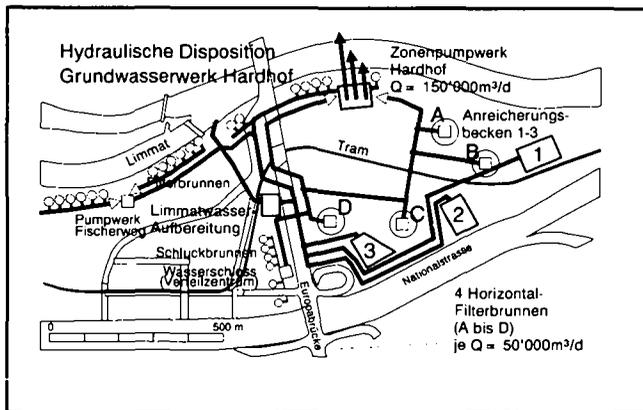
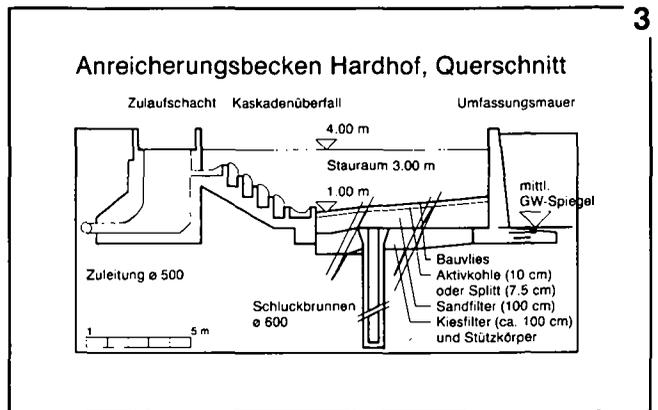
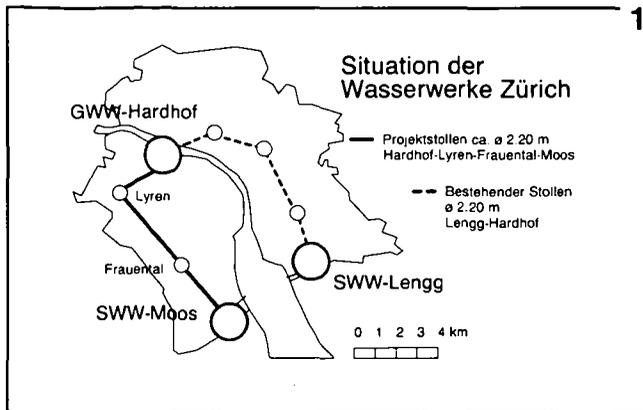
Die Wasserversorgung Zürich deckt den Wasserverbrauch der Stadt und der Region durch 5% Quellwasser, 75% Seewasser und 20% Grundwasser. Das Seewasserwerk Moos auf der linken Seeseite bereitet nebst dem Seewasser auch das Quellwasser auf und hat eine Leistung

von 150000 m³ pro Tag. Das Seewasserwerk Lengg, auf der rechten Seeseite, bereitet nur Seewasser auf und fördert im Maximum 250000 m³ pro Tag. Das Grundwasserwerk Hardhof kann an vereinzelt Tagen im Maximum 150000 m³/T liefern (Abb. 1). Die Seewasserwerke Moos und Lengg weisen eine achtstufige Aufbereitung

auf. Davon ist eine der Stufen der gedeckte Langsamfilter. Das Grundwasserwerk Hardhof reinigt das Uferfiltrat zur Anreicherung des Grundwassers mit vier Stufen. Eine der Stufen sind drei offene Langsamfilter in den Versickerungsbecken.

2. Das Grundwasserwerk Hardhof

Um genügend Wasser für die Bevölkerung bereitstellen zu können und um den Immissionen im alten Grundwasserwerk zu begegnen, wurde das Grundwasserwerk in den Jahren 1973 bis 1980 total erneuert. Die Leistungssteigerung betrug 80000 m³/T, so dass an vereinzelten Tagen bis zu maximal 150000 m³ Wasser gefördert werden kann. Diese Spitzenleistung ist jedoch mit einem tiefen Grundwasserstand nur während weniger Tage möglich. Die mittlere Leistung beträgt 60000 bis höchstens 80000 m³/T. Um in Trockenzeiten trotzdem die ganze Förderleistung des Werkes nutzen zu können, wurde das Projekt für die Erstellung eines Flusswasserwerkes mit einer Leistung von maximal 80000 m³/T, zur zusätzlichen Anreicherung, vom Souverän kreditiert. Die vier Grossfassungsstellen bestehen je aus einem 25 m tiefen Vertikal-schacht, welcher einen Durchmesser von 4 m aufweist. Über sternförmig angeordnete und horizontal vorgetriebene Filterstränge, in zwei Horizonten, mit einem Innendurchmesser von 300 mm und einer Gesamtlänge von 300 m wird das Grundwasser gefasst und dem Schacht zugeführt. Die Fassungen sind mit je drei Unterwassermotorpumpen zu 200 l/s Leistung ausgerüstet. Die Brunnenköpfe sind mit Erde überdeckt und mit Sträuchern und Gebüsch bepflanzt. Für die künstliche Grundwasseranreicherung erstellte man drei Anreicherungsbecken mit je einer Fläche von ca. 4000 m² oder total 11730 m². Das für die Anreicherung benötigte Limmatinfiltrat wird entlang der Limmat vom Zonenpumpwerk Hardhof bis Werdhölzli in 19 Vertikalfilterbrunnen gefasst und mittels Pumpen zu den Anreicherungsbecken geleitet. Die Leistung der Anreicherungsanlagen beträgt im Minimum 40000 und im Maximum 80000 m³/T. Mit dem Flusswasserwerk zusammen kann in Zukunft, bei Niedrigwasser im Fluss, bis maximal 120000 m³/T angereichert werden. Damit kein Wasser von der Grünau-Sied-



lung, westlich der Europabrücke, in den Grundwasserträger des Werkes eindringen kann, wurden entlang der Europabrücke sechs Schluckbrunnen mit einer maximalen Leistung von 200 l/s und ein Wasserverteilzentrum – sprich «Wasserschloss Hardhof» – erstellt (Abb. 2).

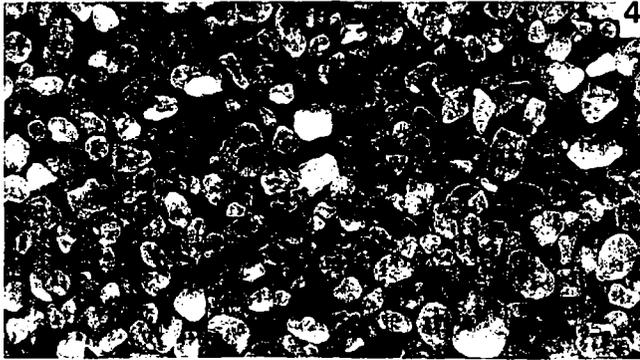
Die drei Versickerungsbecken wurden entlang der Nationalstrasse N1 so plaziert, dass einerseits eine möglichst hohe Infiltrations-Wassermenge in den Horizontalfilterbrunnen wieder gefasst werden kann und dass andererseits das versickernde Wasser den verschmutzten Grundwasserzufluss aus dem Stadtgebiet von der Trinkwassergewinnungszone abzulenken vermag.

Jedes Anreicherungsbecken besteht aus einer Umfassungsmauer mit Kaskadenüberfall, dem Filterkörper sowie Umgebungsanlagen für die Becken-Bewirtschaftung. Der Filterkörper besteht aus 100 cm Kiesfilter, einer 100 cm hohen Seesandschicht mit der Körnung 0,2–2 mm und einer 10 cm dicken Aktivkohleschicht PKST 0,5–2,5 mm. Der ganze Filter ist mit einem 1,2 mm Bauvlies (Typ R 70/30 150 B), bestehend aus Polypropylen und Acryl, abgedeckt (Abb. 3).

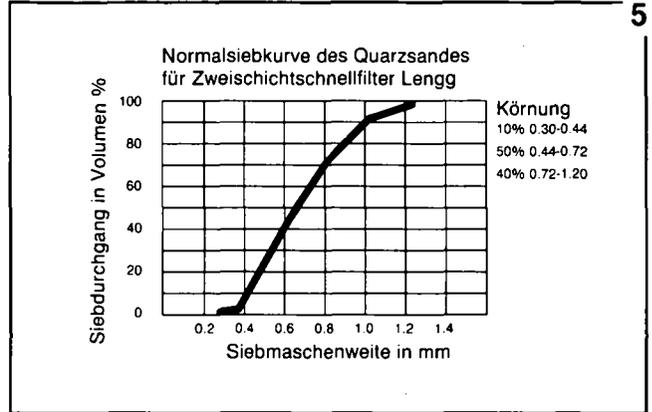
3. Erfahrungen mit der Zweischichtschnellfiltration

In den Jahren 1965 bis 1967 wurden vom Verfasser viele Versuche durchgeführt über die Filtration mit Ein- und Zweischichtfiltern, sowohl hinsichtlich der Wirksamkeit als auch hinsichtlich der Laufzeit. Es wurde damals festgestellt, dass ein Zweischichtfilter bei gleicher Wirksamkeit eine mindestens fünfmal längere Laufzeit aufweist als diejenige eines Einschichtfilters. Anfangs der 70er Jahre wurden bei der Wasserversorgung Zürich (WVZ) ähnliche Versuche durchgeführt. Der Einschichtfilter wies ein Filterbett von 90 cm auf, bestehend aus Quarzsand 0,4–1,0 mm (Abb. 4) und den Zweischichtfilter 70 cm sowie 20 cm Aktivkohle PKST 0,5–2,5 mm, Norit 07 oder Lurgi LW Extra Hydriffin 0,25–1,4 mm. Die Resultate waren gleich gut wie bei den St. Galler Versuchen. Ferner wurden Versuche durchgeführt mit Anthrazit 0,5–2,5 mm und Bims 1–2,5 mm. Auch diese Versuche verliefen sehr positiv. In den Wasserwerken Moos und Lengg wurden in der Folge die Aktivkohlefilter als Zweischicht-

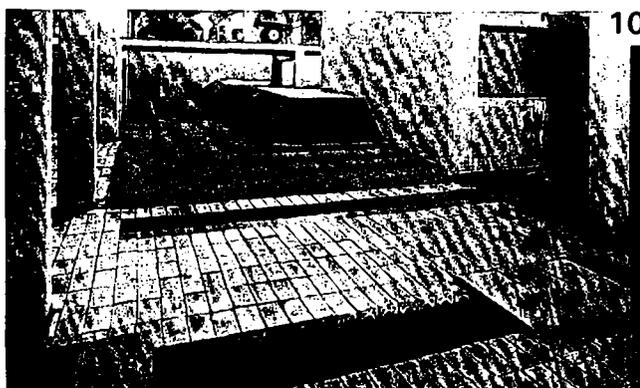
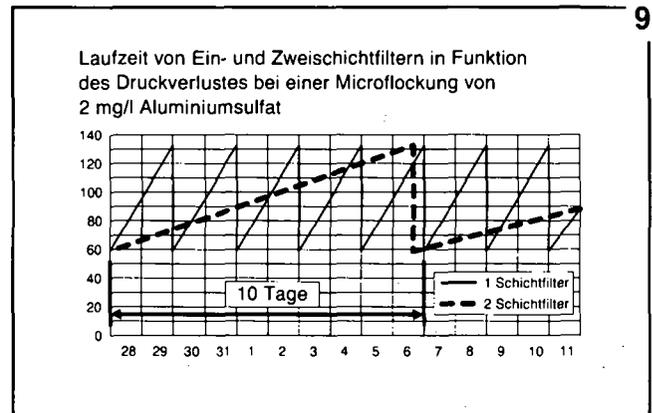
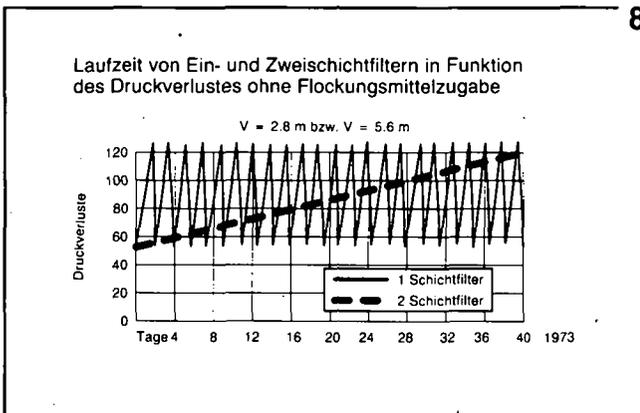
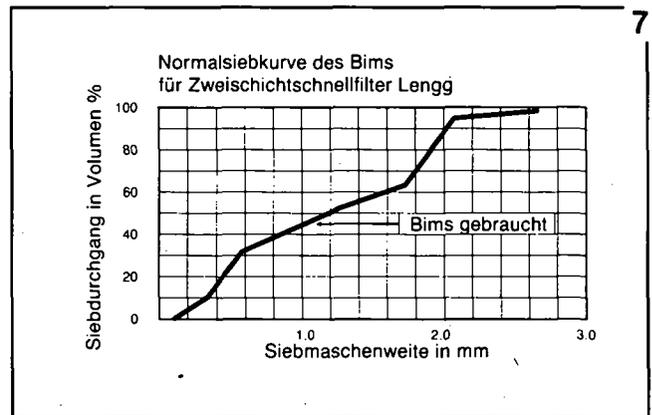
filter ausgebildet. Als 1. Schicht nahm man 50 cm Quarzsand 0,4–1,0 mm und je nach Filtergeschwindigkeit eine Aktivkohleschicht von 100–150 cm. Bei den Zweischichtschnellfiltern nahm man eine Bimsschicht und nicht eine solche aus Anthrazit. Der Grund war, dass Anthrazit zur Schichttrennung eine Rückspülgeschwindigkeit braucht von mindestens 75 m/Std. und Bims nur eine solche von 45. Aus den Abb. 5, 6 und 7 sind die Korngrossen ersichtlich. Beim Versuch an den Grossanlagen erhielt man bei der Zweischichtfiltration eine 21mal längere Laufzeit als bei der Einschichtfiltration, allerdings wurden bei diesem Grossversuch keine Flockungsmittel verwendet. Der Druckverlust betrug total 125 cm, und die Filtergeschwindigkeit war bei beiden Filtern immer gleich gross, d. h. im Minimum 2,8 und im Maximum 5,6 m/Std. (Abb. 8). Die Seewasserwerke werden jedoch mit einer Mikroflokkungsstufe betrieben, dann ist die Laufzeit der Zweischichtfilter fünfmal länger als bei den Einschichtfiltern. Die Geschwindigkeiten und der Druckverlust waren gleich wie bei dem Versuch ohne Mikroflokkung (Abb. 9).



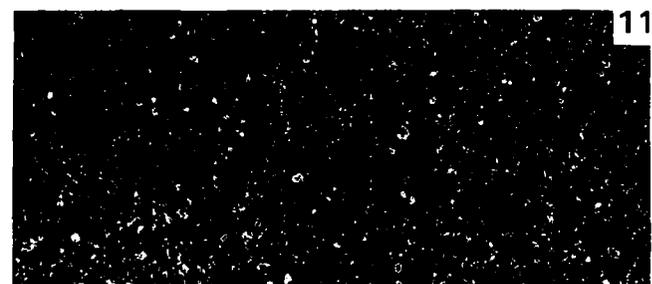
4
Einschichtschnellfilter im Werk Lengg mit 90 cm Quarzsand; 0,4-1,0 mm.



6
Zweischichtschnellfilter im Werk Lengg mit 90 cm Quarzsand; 0,4-1,0 mm und 50 cm Bims; 1,0-2,5 mm.

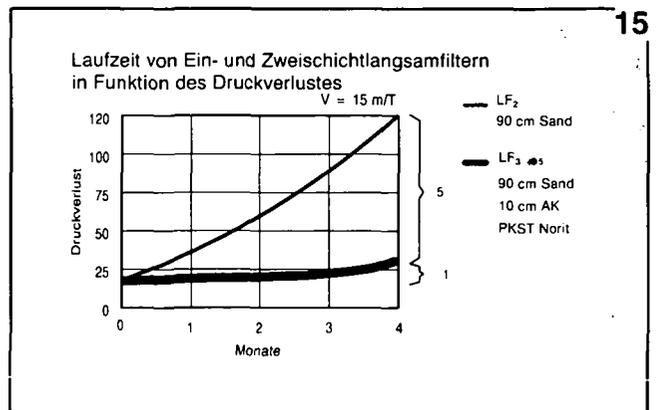
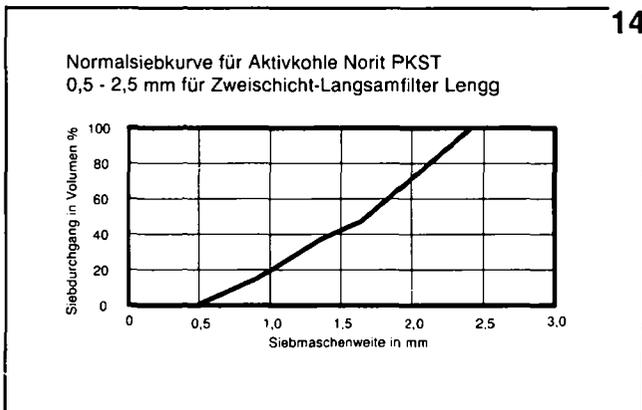
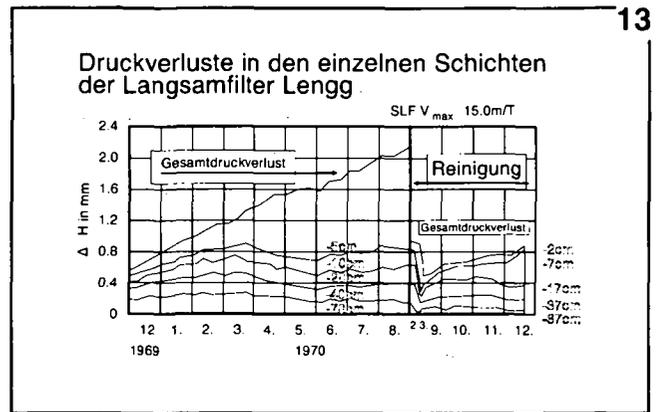
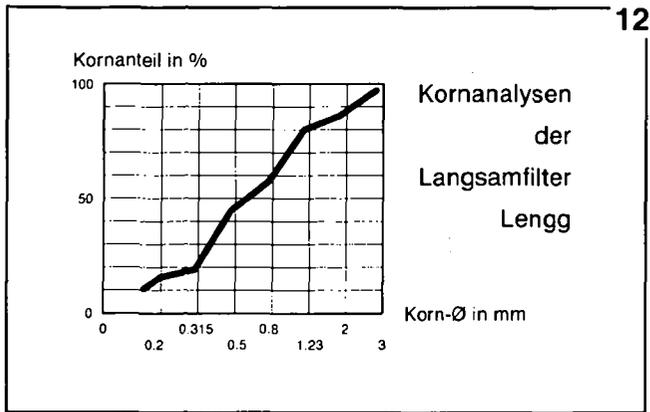


10
Aufbau eines überdeckten «Zürcher» Langsamfilters.



11
0 cm 1 2 3 4 5 6
Körnung = 0.2 bis 2 mm

Seesandschicht in einem Langsamfilter im Werk Lengg.



4. Erfahrungen mit der Zweischichtlangsamfiltration

Langsamfilter gelangten in der Schweiz ab Mitte des letzten Jahrhunderts für die Reinigung von Oberflächenwasser zur Anwendung. Heute haben sie vor allem eine sehr grosse Bedeutung bei der Grundwasseranreicherung. Versuche, vom Verfasser durchgeführt, in den 70er Jahren in St. Gallen und in den 80er Jahren in Zürich, haben eindeutig gezeigt, dass der Langsamfilter sowohl hinsichtlich der Abfiltrierung von Phytoplankton als auch der bakteriologischen Reinigung kein Oberflächen-, sondern ein Raumfilter ist. Die Reinigungswirkung ist gleich gut, ob er nun mit einer Geschwindigkeit von 7,5 m oder mit einer solchen von 15 m pro Tag betrieben wird. Höhere Geschwindigkeiten ergeben ein etwas weniger gutes Resultat. Die Versuche wurden mit gedeckten Langsamfiltern durchgeführt. Sie bestehen aus einem Betonboden mit Hohlziegeln und Sammelkanälen, einer 20-30 cm starken Kiesschicht der Körnung 5-25 mm sowie einer ca. 90 cm starken Seesandschicht der Körnung 0,2-2 mm (Abb. 10, 11 und 12). Bei den

Versuchen betrug der Druckverlust im Mittel, bei einer Geschwindigkeit von 15 m pro Tag, nach neun Monaten ca. 2 m. Aus Abb. 13 sind die Druckverlustkurven des Langsamfilters in den verschiedenen Schichten ersichtlich. Es geht daraus nun sehr deutlich hervor, dass die Kolmatierung, auch bei diesen unüblich hohen Geschwindigkeiten, in den obersten 5 cm stattfindet. Nach der Reinigung, wobei eine Schicht von 5 cm Sand entfernt wurde, betrug der Druckverlust nur noch 40 cm. Dieser Wert ist ca. 10 cm weniger als vor den Versuchen. Durch das plötzliche Auftreten der Dreissena Polymorpha Pallas (DPP) wurde im Jahre 1971 eine Voroxidation mit Chlor (Cl₂) in den Zürcher Seewasserwerken eingeführt. Um das überschüssige Chlor zu entfernen, wurden die Langsamfilter mit einer 10 cm Aktivkohleschicht PKST 0,5-2,5 mm beschickt (Abb. 14). Was bei den Zweischichtfiltern bereits festgestellt wurde, nämlich mindestens eine Verfünffachung der Laufzeit, trat auch bei den Zweischichtlangsamfiltern auf, obwohl die Geschwindigkeiten hier 5-8mal kleiner waren als bei den Zweischicht-schnellfiltern (Abb. 15). Nach einem Jahr betrug der Druckverlust des Zwei-

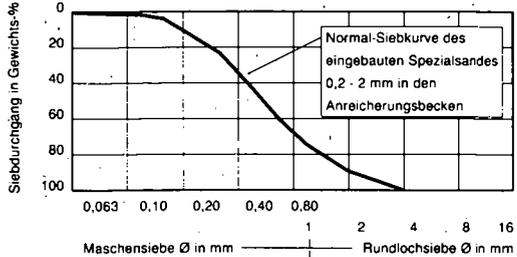
schichtlangsamfilters ca. 60 cm bei einer Geschwindigkeit von 15 m pro Tag. Dies bedeutet, dass bei einem totalen Druckverlust von 2 m dieser Filter eine Laufzeit von bis zu drei Jahren aufweisen würde. Dies trat in der Folge auch wirklich ein. Bei Filtern mit einer Geschwindigkeit von nur 5 m statt 15 m würde so ein Filter eine neunjährige Laufzeit aufweisen können. Diese Erkenntnis war für die Projektierung der Langsamfilter der Grundwasseranreicherung richtungweisend.

5. Erfahrungen mit der Zweischichtlangsamfiltration bei der Grundwasseranreicherung

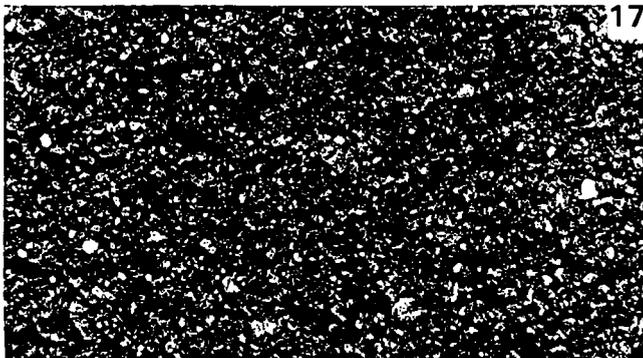
Die Zweischichtlangsamfilter der Grundwasseranreicherungsbecken sind aufgebaut wie in Abschnitt 3 beschrieben. Aus Abb. 16 geht die Siebkurve des Spezialsandes 0,2-2 mm hervor. Diese Sandschicht ist 1 m hoch und ist auf einer 1 m hohen Kiesschicht aufgebracht. Der Spezialsand (Seesand) ist mit einer 10 cm Aktivkohle Norit PKST 0,5-2,5 mm überdeckt. Diese billige «Wegwerfkohle» wurde aus zwei Grün-

16

Siebanalyse des Filtersandes der Anreicherungsbecken Hardhof

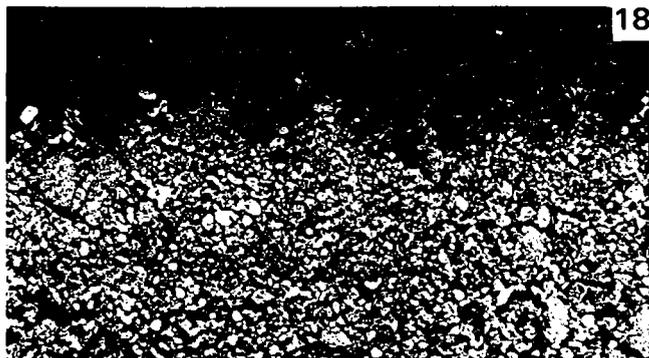


17



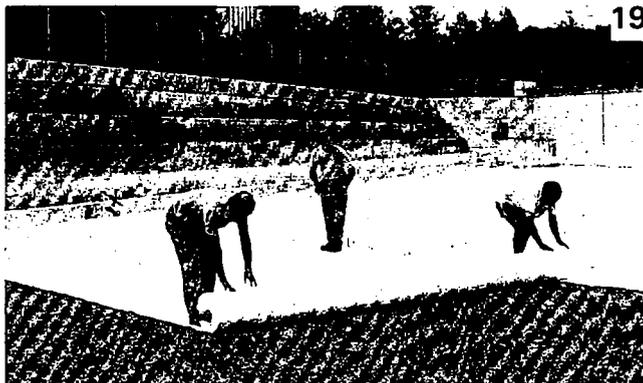
Spezialsand 0,2-2,0 mm in einem Anreicherungsbecken im Werk Hardhof.

18



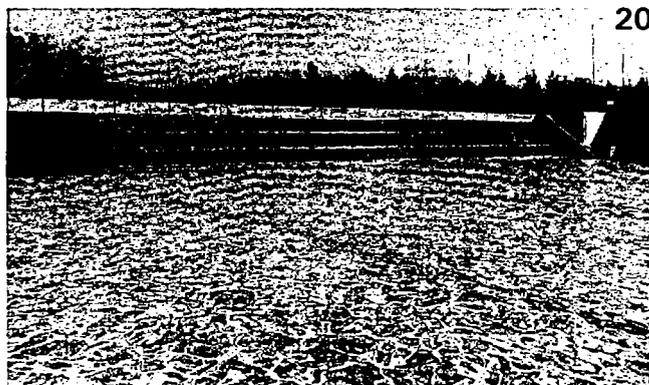
Spezialsand 0,2-2,0 mm mit Aktivkohle PKST 0,5-2,5 mm in einem Anreicherungsbecken im Werk Hardhof.

19



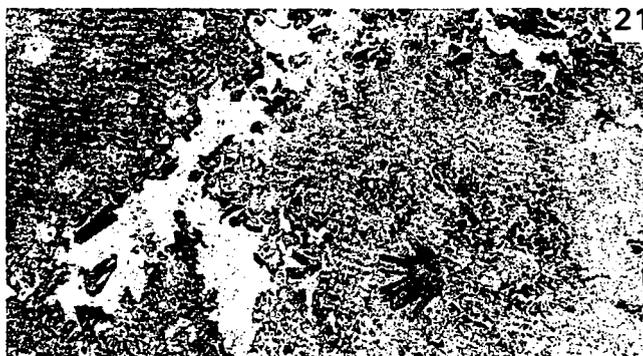
Verlegen des 1,2 mm dicken Bauvlieses im Becken 2.

20



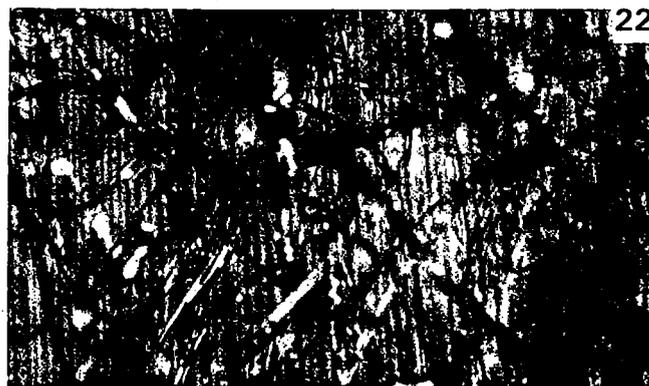
Wasserstau im Becken 2: ca. 1,0 m.

21



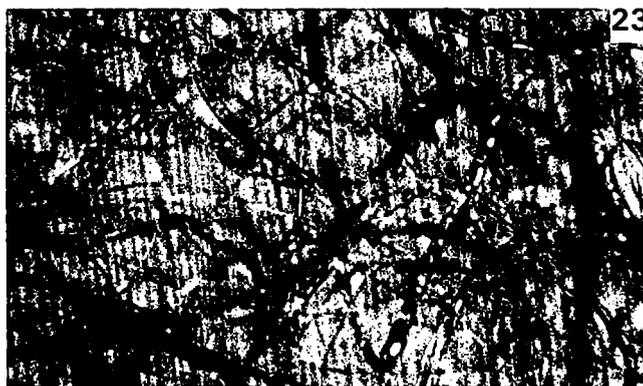
Biomaterial auf dem Bauvlies nach Trockenlegung des Beckens 2. Grössenvergleich siehe Schlüsselbund.

22

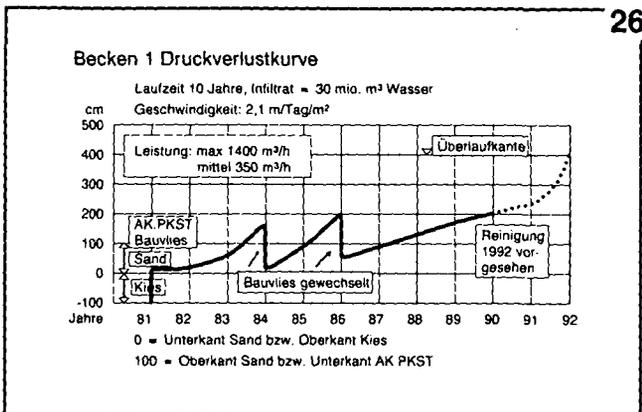
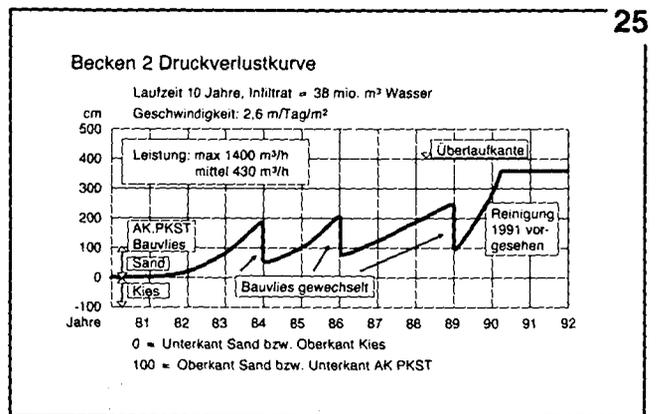
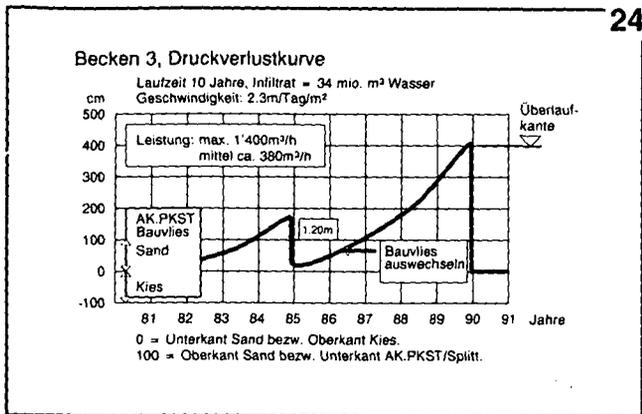


Bauvlies verlegt im Jahre 1981. 12,5mal vergrössert.

23



Bauvlies verlegt im Jahre 1990. 12,5mal vergrössert.



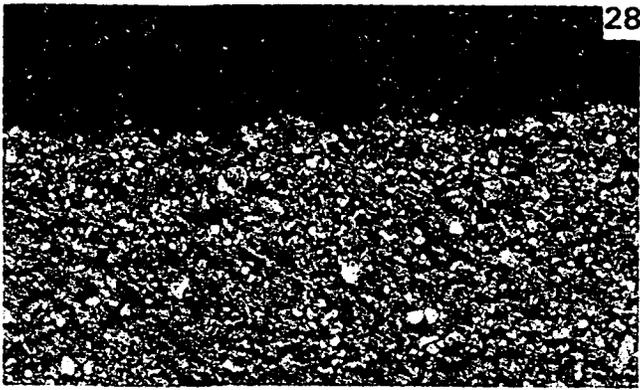
Spezialsand mit neuer Aktivkohle PKST im Becken 3.

den gewählt: einerseits um durch diese zweite Schicht aus grober Körnung eine längere Laufzeit zu erreichen und andererseits um die Produkte der Voroxidation, nämlich die Mischung von Chlor und Chlordioxid, zu eliminieren, damit diese nicht in den Untergrund treten können. Es war ein Oxidationsgemisch bis zu 1,5 mg/l vorgesehen. Mit der Zeit konnte und musste diese Menge auf 0,5 mg/l reduziert werden. Die Erfahrung zeigte, dass, wenn gleich viel Chlor wie Chlordioxid im Oxidationsgemisch beigegeben wurde, es zu keiner Bildung von gechlorten Kohlenwasserstoffen kam. Nach den neuen Vorschriften in der Schweiz darf im Trinkwasser nicht mehr als 0,3 mg/l Chlorit vorhanden sein. Die Dosierung in dem Wasser zur Grundwasseranreicherung beträgt daher 0,5 mg/l Oxidationsmittel oder 0,25 mg/l Chlor und 0,25 mg/l Chlordioxid. Damit sind die Qualitätsziele, sowohl hinsichtlich Chloroform als auch hinsichtlich des Gehalts an Chlorit garantiert. Diese Menge an Oxidationsmittel genügt auch für den vorgesehenen Zweck, der übermäßigen Algenbildung entgegenzutreten. Aus Abb. 17 und 18 gehen das Filtermaterial, der Spezialsand und die PKST-Aktivkohle

hervor. Versuche haben gezeigt, dass, wenn die Filter nicht mit Wasser eingestaut sind, das Oxidationsgemisch durch die Kaskadenbelüftung vollständig abgebaut wird. Wenn die Filterbecken eingestaut sind, wird das Oxidationsmittelgemisch durch die Biomasse auf dem Bauvlies total abgebaut (Abb. 20 und 21). Aus dieser Erkenntnis geht hervor, dass zur Entfernung des Oxidationsgemisches keine Aktivkohle mehr erforderlich ist. Für die Zweischichtlangsamfilter kann man, um längere Laufzeiten zu erhalten, auch zum Beispiel eine Schicht Splitt der Körnung 1-3 mm anstelle von Aktivkohle verwenden. Bei der Inbetriebnahme der Anreicherungsbecken im Jahre 1981 konnten die Langsamfilter nicht aufgestaut werden, da sie naturgemäss noch nicht verschmutzt waren. Die oberste Schicht Aktivkohle PKST trocknete aus und konnte durch den Wind weggeblasen werden. Um dies zu verhindern, brachte die WVZ ein Bauvlies an (Abb. 19). Dieses Vlies (Abb. 22) besteht aus größeren Fasern und fühlt sich härter an als das heute verwendete 1,2 mm Bauvlies (Typ R 70/30 150 B) (Abb. 23). Auf diesem Bauvlies bildete sich mit der Zeit bei der Anstauung mit Wasser eine Biomasse,

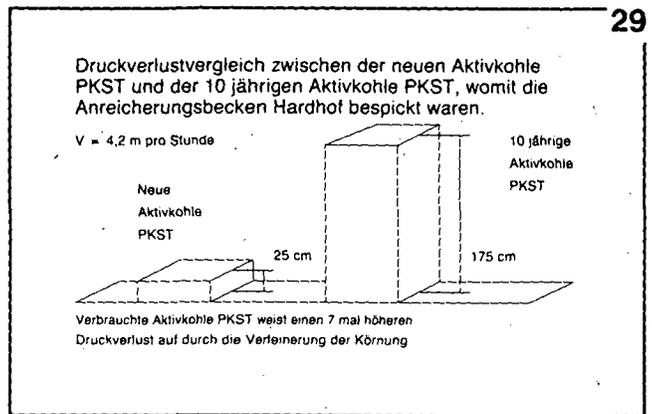
welche sich sonst auf den Aktivkohlen gebildet hätte. Nach fünfjähriger Laufzeit wies allein das Vlies einen Druckverlust von 1,2 m auf. Man entfernte es. Vor der Entfernung muss es zuerst ein paar Tage antrocknen, sonst bricht es durch das Gewicht der nassen Biomasse und würde das Filterbett unnötig verschmutzen. In der Folge wurde ein neues Vlies auf die Aktivkohle gelegt, wodurch der Druckverlust um 1,2 m zurückfiel (Abb. 24). Dieses Vlies kostet pro m² Fr. 2.60. Die Erneuerung dieses Vlieses kostet nur ca. 10000 Franken an Materialkosten. Die Betriebskosten zur Anbringung desselben belaufen sich zusätzlich noch auf ca. 5000 Franken. Die totalen Erneuerungskosten betragen demnach ca. 15000 Franken. Nur durch einen Zufall kam man zu einer so günstigen Überdeckung. Ohne dieses Bauvlies würde die Laufzeit höchstens drei Jahre betragen, anstatt zehn Jahre wie heute. Aus den Abb. 24, 25 und 26 geht die Laufzeit sowie der Druckverlust der einzelnen Becken und die beschickte Menge hervor.

Nach den Zweischichtlangsamfilterver suchen in der Lengg hätte, sofern man die Leistung der Filter betrachtet, Laufzeit sogar 18 Jahre betragen!

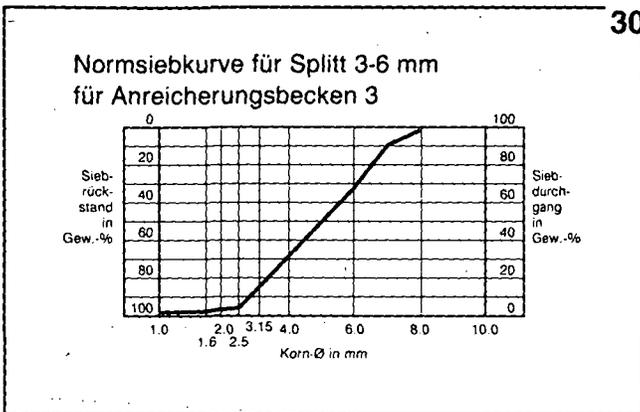


28

Spezielsand mit 10jähriger Aktivkohle PKST im Becken 3.



29



30



31

Spezielsand und Splitt im Becken 3.



32

Spezielsand, Splitt und darüberliegendes Bauvlies im Becken 3.



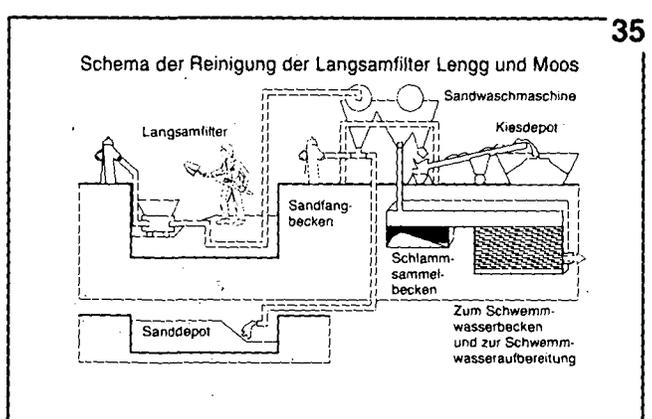
33

Wiederinbetriebnahme des Beckens 3 mit 1400 m³ pro Stunde nach der Reinigung.



34

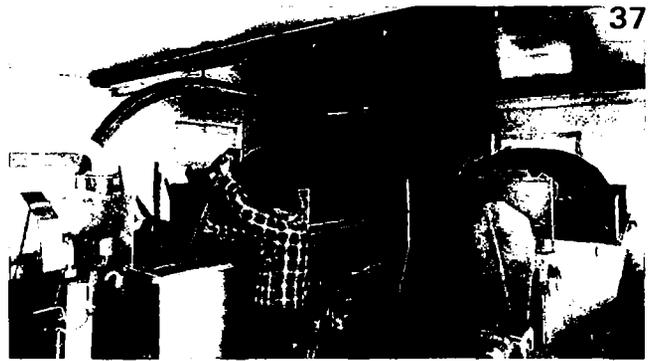
Wiederinbetriebnahme nach längerer Ausserbetriebsetzung. Es fand kein Aufstau statt.



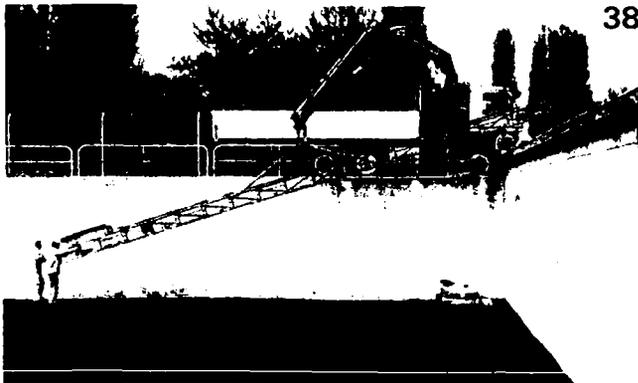
35



Der Sand wird in den Injektortrichter geschaufelt.



Sandwaschmaschine im Werk Moos für Reinigung des Sandes und des Kieses mit Sortieranlage.



Entfernung von Aktivkohle PKST aus dem Becken 3.



Entfernung des abgeschälten Sandes aus dem Becken 3.

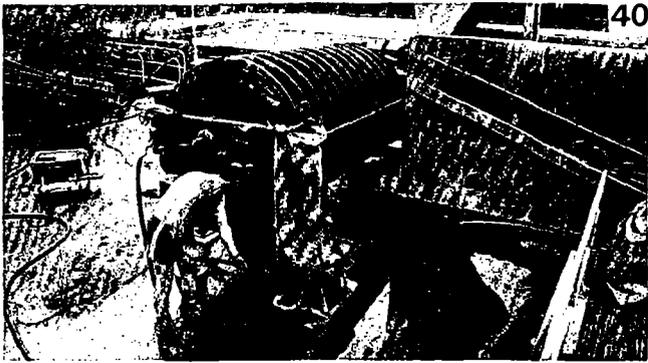
nen. Dies war nicht möglich, da man einerseits nicht überdeckte Langsamfilter betrieb, andererseits das Bauvlies, was praktisch mit der Zeit wie eine Überdeckung wirkt, am Anfang noch zuviel Licht durchlässt. Ausserdem musste festgestellt werden, dass die Aktivkohle sich im Laufe der Jahre sehr verfeinert hatte. Dies ist wahrscheinlich darauf zurückzuführen, dass sie lange dem Wind und dem Wetter ausgesetzt war (Nässe, Wärme, Kälte und Frost). Aus den *Abb. 27 und 28* ist sehr gut ersichtlich, was für eine Körnung die neue PKST vor zehn Jahren aufwies und welche heute. Die Körnung ist jetzt ganz fein. Versuche zwischen der neuen und verbrauchten PKST-Aktivkohle zeigten, dass der Druckverlust um das Siebenfache zugenommen hatte (*Abb. 29*). Die Betriebsleitung wurde von diesem Phänomen total überrascht, so dass die Filter in kürzester Zeit kolmatierten, was man eigentlich nicht erwartet hatte. Selbstverständlich ist auch eine zehnjährige Laufzeit schon ein kleines Wunder im Vergleich zu allen anderen Wasserversorgungen, welche ihre Anreicherungsbecken normalerweise ein- bis zweimal im Jahr, bei Geschwindigkeiten von 2,5–6 m pro Tag, abschöpfen müs-

sen. Nachdem das Becken 3 ein neues Bauvlies hätte bekommen sollen und das Phänomen mit der verfeinerten Körnung festgestellt worden war, beschloss man den Zweischichtlangsamfilter zu reinigen. Die 10 cm PKST-Aktivkohle und 10 cm Sand wurden entfernt. Da für die Entfernung von Oxidationsmitteln keine Aktivkohle mehr notwendig ist, wie vorher beschrieben, beschloss man, statt PKST-Aktivkohle nun gebrochenen Bausplitt anzubringen. Die gewünschte Körnung von 1–3 mm war im Handel nicht erhältlich. Da der Verfasser bei den St. Galler Versuchen auch mit größerer Körnung von 3 bis 6 mm gleich gute Resultate erreichte wie mit der feineren, wurde der handelsübliche Splitt 3–6 mm angeschafft. Aus *Abb. 30* geht die Siebkurve hervor und aus *Abb. 31 und 32* der Aufbau des Filters mit dem Bauvlies. Nicht zuletzt haben auch die einschlägigen Arbeiten von M. Wegelin über «Horizontal-Flow Roughing Filtration» dazu beigetragen, statt einer Schicht Aktivkohle eine solche mit Splitt 3–6 mm auf dem Langsamfilter zu verwenden. Nachdem das Becken 3 nach vielen Monaten wieder in Betrieb genommen wurde, wurde es mit der maximalen Menge von 1400m³/Std.

betrieben. Wie am Anfang, vor zehn Jahren, fand überhaupt kein Aufstau statt (*Abb. 33 und 34*). Der grosse Vorteil des Splittes gegenüber Aktivkohle besteht darin, dass die Körnung sich nicht verkleinern wird und daher nur gewaschen und nicht ersetzt werden muss. Dabei könnten der Splitt und der Sand in der gleichen Maschine gewaschen werden.

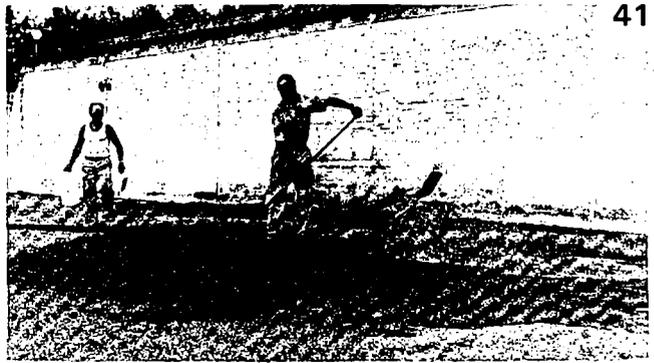
6. Erfahrungen bei der Reinigung der Zweischichtlangsamfilter

Bei den überdeckten Langsamfiltern in den Seewasserwerken Lengg und Moos wird wie folgt gereinigt: zuerst wird der Filter trockengelegt, dann schöpfen zwei Arbeiter mit Schaufeln den Sand ab und werfen ihn in einen Injektortrichter (*Abb. 35 und 36*). Von diesem fördert das Transportwasser den Sand durch flexible Kunststoffröhren zur Sandwaschmaschine (*Abb. 37*). Hier wird der Sand gereinigt, sortiert und anschliessend hydraulisch zum Langsamfilter zurück oder in eine Sanddeponie gefördert. Das Transportwasser stammt aus dem Werkhydrantennetz. Für grössere Distanzen wird der Druck mittels



40

Waschen des Splittes mit der mobilen Waschmaschine der Stadtwerke St. Gallen.



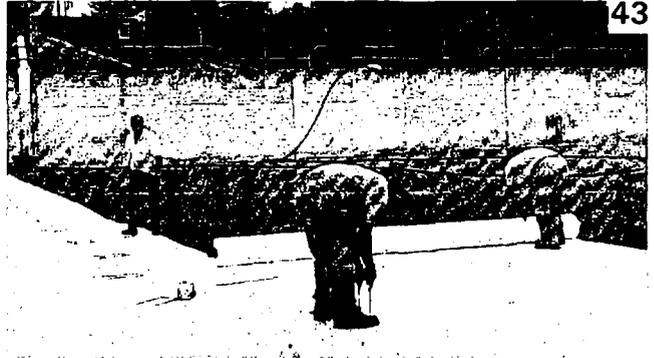
41

Aufbringen des Splittes mittels hydraulischer Transportanlage in das Becken 3.



42

Aufbringen des Splittes in das Becken 3. Links neuer Messschacht.



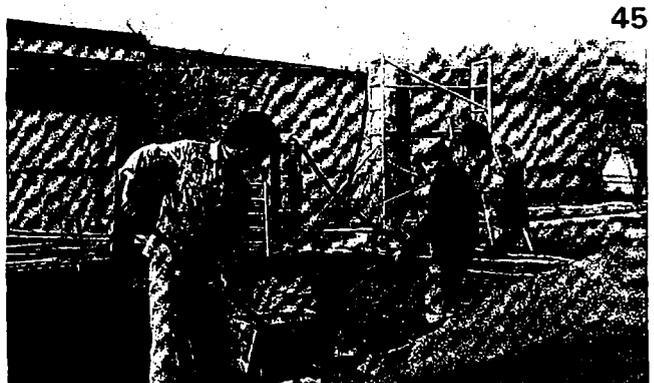
43

Verlegen des 1,2 mm dicken Bauvlieses im Becken 3. Befestigung mit Eisenbügeln.



44

Zyklon zum Splittwaschen. Die innere Konstruktion.



45

Zyklon zum Splittwaschen. Versuchsbetrieb im Werk Moos.

Druckerhöhungspumpen von 3,5 auf 15 bar erhöht. Die Sandreinigungsmaschine besteht aus zwei Reinigungs-Siebtrommeln und einer Kies-Sortiertrommel.

Der Reinigungsaufwand beträgt pro Filter (ca. 1100 m²) an Abschreibungs-, Unterhalts- und Betriebskosten ca. 10000 Franken. Als die Langsamfilter in den Werken Moos und Lengg als Zweischichtfilter betrieben werden mussten, erfolgte die Reinigung des Sandes nach dem gleichen System wie vorher beschrieben. Die PKST-Aktivkohleschicht

wurde mit dem Injektor zu einem Schnellfilter transportiert, dort mehrmals gewaschen (Rückgespült) und wiederum hydraulisch auf den Langsamfilter aufgeschwemmt. Alle diese Arbeiten waren sehr aufwendig, so dass man zwei verschiedene Langsamfilterreinigungsmaschinen entwickelte. Der Langsamfilter blieb dabei mit Wasser gefüllt. Man hatte eine Maschine mit kontinuierlicher Reinigung und eine solche mit diskontinuierlicher Reinigung entwickelt. Beide Maschinen hatten ihre Vor- und Nachteile, aber eines hatten

beide gemeinsam: der Aufwand in den kleinen Filterbecken war mit den Säulen ebensogross wie mit der bestehenden hydraulischen Methode. Weiter brachte man nach der Reinigung die Druckverluste nur um ca. 75% zurück. Obwohl die Infrastruktur im Hardhof bei den Anreicherungsbecken für die maschinelle Reinigung vorgesehen wurde, waren die – nach der Inbetriebnahme der Becken im Hardhof – erhaltenen Reinigungsresultate mit den Maschinen in den Werken Moos und Lengg nicht gut genug, um sie auch hier einzusetzen. Zu-

erst wurde das Becken 3 ausser Betrieb genommen, dann wurde die Aktivkohle teilweise mit einem Saugerwagen abgesaugt, was nur möglich ist, wenn die Kohle trocken ist. Zum Teil wurde sie mit einem Transportband heraustransportiert und vorerst noch an Ort und Stelle gelagert, bis abgeklärt war, ob die Aktivkohle noch irgendwo bei der WVZ verwendet werden konnte (Abb. 38). Da es sich um Wegwerfkohle handelte und die Körnung sich sehr verfeinert hatte, so dass die Druckverluste viel zu gross waren (Abb. 29), konnte die Kohle von der WVZ nicht weiter verwendet werden. In der Folge wurde 7,5 cm Sand abgeschält, zum Seewasserwerk Moos gebracht und dort in der Sandwaschmaschine, welche eine Leistung von 5 m³ pro Stunde aufweist, gewaschen und an Ort und Stelle gelagert, um später auf das gereinigte Becken 2 aufgebracht zu werden (Abb. 39). Nach dem sogenannten Abschöpfen der Filter musste nun der Splitt aufgebracht werden. Hier entstand ein grosses Problem. Der Splitt konnte nur in einer Qualität geliefert werden, welche zwar für den Strassenbau genügt, jedoch für ein Wasserwerkfilter viel zu viel Lehm aufweist. Er musste also gründlich gereinigt werden. Zum Teil geschah dies in den Werken Moos und Lengg und im Hardhof mit einer mobilen Maschine, die von den Stadtwerken St. Gallen gemietet wurde. Da es sich um Lehm und nicht, wie normalerweise, um Biomasse handelte, konnten nur ca. 33 % der Maschinenleistung oder total 5 m³ pro Tag genützt werden (Abb. 40). Diese Prozedur dauerte drei Monate, da man 7,5 cm pro m² oder total 300 m³ Splitt aufzubringen hatte. Die Verteilung wurde wiederum mit den bewährten Injektoren durchgeführt (Abb. 41 und 42). Nach dieser Arbeit wurde wiederum ein neues 1,2-mm-Bauvlies angebracht und mit Eisenbügeln im Filterbett befestigt (Abb. 43). Nach der Inbetriebnahme verhielt sich das Becken wie vor zehn Jahren, so dass bei einer mittleren Geschwindigkeit von 2,6 m pro Tag mit mindestens einer Laufzeit von zehn Jahren gerechnet werden darf. Da man jedoch in naher Zukunft ein Flusswasserwerk bauen wird (Abb. 2), um vermehrt Wasser anreichern zu können, nämlich mit ca. 5–6 m pro Tag, wird die Laufzeit immerhin noch fünf bis sechs Jahre betragen, was als ausgezeichnet zu bezeichnen ist. Für die Reinigung des Splittes für die Becken 1 und 2 wurde von der WVZ eine Art Zyklon entwickelt, welche pro Tag

ca. 20 m³ Splitt waschen kann, d. h., es braucht für ein Becken nur noch ca. 15 Arbeitstage oder drei Wochen, um diesen Splitt zu waschen (Abb. 44 und 45). Erst wenn der Splitt fertig gewaschen ist, wird das nächste Becken ausser Betrieb genommen, die Aktivkohle entfernt, der Sand ca. 7,5 cm abgeschält und der gewaschene Sand des Beckens 3 sowie der Splitt aufgebracht.

In Zukunft wird man voraussichtlich jedes zweite Jahr eines der drei Becken reinigen müssen. Es wird vorgesehen, eine neue mobile Maschine anzuschaffen mit einer Mindestleistung von 10 m³ pro Tag je für Splitt und Sand, d. h. im Minimum 20 m³ pro Tag. Man wird dann den Splitt mit zwei Injektoren mit einer Mindestleistung von 10 m³ pro Stunde, und den Sand mit zwei gleichen Injektoren, hydraulisch zur Waschmaschine transportieren, waschen und wiederum hydraulisch ins Becken zurücktransportieren. Da es sich um eine Schicht von 7,5 cm Splitt und einer solchen von 7,5 cm Sand handelt, oder total um 600 m³ Material, würde diese Prozedur ca. 30 Arbeitstage oder sechs Wochen benötigen. Dazu kommen noch ca. zwei Wochen für die Ausserbetriebsetzung und der Inbetriebnahme des Beckens, sowie für das Trocknen, Entfernen und Neuaufbringen des Bauvlieses. Eine Ausserbetriebnahme eines Beckens, einmal in zwei Jahren, während zwei Monaten im Frühling, bei Hochwasser der Limmat, ist durchaus akzeptabel.

An dieser Stelle möchte ich meinen Mitarbeitern, welche zum Teil die Unterlagen zusammengestellt haben, für ihre Arbeit recht herzlich danken.

Literaturverzeichnis

- [1] M. Schalekamp (GWA 7/1968): Versuche zur Leistungssteigerung der Langsamfilter.
- [2] M. Schalekamp (GWA 6/1969): Vergleichsuntersuchungen zwischen Ein- und Zweischichtfiltern.
- [3] M. Schalekamp (GWA 3/1971, WVZ 125): Warnung vor der Wandermuschel Dreissena Polymorpha Pallas und Bekämpfung derselben.
- [4] M. Schalekamp (GWA 11/1971, WVZ 127): Neueste Erkenntnisse über die Wandermuschel Dreissena Polymorpha Pallas (DPP) und ihre Bekämpfung.
- [5] M. Schalekamp (AQUA 1/1972, WVZ 133): Fresh Research on Dreissena Polymorpha Pallas (DPP) and Control Methods.
- [6] M. Schalekamp (AQUA 3/1975, WVZ 176): New Swiss Developments in Slow Sand Filtration.

- [7] M. Schalekamp (AWWA Annual Conference Minneapolis 1975, WVZ 181): The effectiveness of rapidly operated slow filters and a new cleaning process.
- [8] M. Schalekamp (GWA 9/1975, WVZ 190): Seewasserwerk Lengg, Zürich; Mehrschicht-Schnellfiltration - Vergleichsuntersuchungen.
- [9] M. Schalekamp (GWA 9/1975, WVZ 192): Seewasserwerk Lengg, Zürich; Microflokulation-Vergleichsversuche zwischen Ein- und Zweischichtfiltern mit Eisen- und Aluminium-Sulfat.
- [10] F. Geering (GWA 9/1975, WVZ 196): Seewasserwerk Lengg, Zürich; Reinigung der Langsamfilter.
- [11] M. Schalekamp (GWA 9/1981, WVZ 391): Ausbau der Trinkwasserversorgung. Wasserversorgung Zürich, Ausbau des Grundwasserwerks Hardhof und des Seewasserwerks Moos.
- [12] A. Näf (GWA 9/1981, WVZ 392): Ausbau der Trinkwasserversorgung. Wasserversorgung Zürich, Grundwasserwerk Hardhof Baugeschichte.
- [13] J. Howald (GWA 9/1981, WVZ 394): Ausbau der Trinkwasserversorgung. Wasserversorgung Zürich, die Filterreinigung der Anreicherungsanlagen Hardhof.
- [14] O. Künzle (GWA 9/1981, WVZ 411): Ausbau der Trinkwasserversorgung. Wasserversorgung Zürich, Reinigen von Langsamfiltern.
- [15] M. Schalekamp (GWA 1015/1983, WVZ 519): The most up-to-date Groundwater Management by Means of the Groundwater Plant Hardhof Zurich Switzerland.
- [16] M. Wegelin (IRCWD-Report No. 06/86): Horizontal-Flow Roughing Filtration (HRF). A Design, Construction and Operational Manual.
- [17] M. Schalekamp (GWA 12/1989, WVZ 699): Construction and Operation of the Water Supply Zurich financially assured until the year 2005. The new Tariff.
- [18] M. Schalekamp (GWA 1/1990, WVZ 702): Water Supply 2000 for the City and the Region of Zurich.

Adresse des Autors:



Dr. sc. techn. h. c. M. Schalekamp
Direktor der Wasserversorgung
Zürich
Chalet «Marco-Franco»,
9651 Ennetbühl

18. Weltkongress der Internationalen Wasserversorgungsvereinigung

Über den vielschichtigen Ablauf des Kongresses und die vorangegangene Studienreise des SVGW in Skandinavien haben verschiedene Autoren im Rahmen nachfolgender Themenkreise Bericht erstattet

A) Einführung
T. Pitsch, Zürich

B) Generalversammlung, Executive Board...
H. R. Naef, Zürich

C) PR-Aktivitäten im Rahmen des Kongresses
R. Nydegger, Zürich

D) Kongress und Ausstellung
T. Pitsch, Zürich

E) Ständige IWSA-Kommission Management and Training
J. Jaquet, Winterthur

F) Technische Besichtigungen in Leningrad, Helsinki, Stockholm und Kopenhagen
J. Aepli, Zürich



Das Wahrzeichen der Kongress-Stadt Kopenhagen.



Kopenhagen, das Venedig des Nordens.

A) Einführung
T. Pitsch, Zürich

Nach dem 17. Internationalen Wasserversorgungskongress 1988 in Rio de Janeiro fand der 18. Internationale Kongress, verbunden mit einer Ausstellung, in Kopenhagen vom 25. bis 31. Mai 1991 statt. Am Samstag den 25. Mai tagte wie üblich der Vorstand und das Technische Komitee der IWSA. Am Nachmittag wurde die Generalversammlung durchgeführt, an der ein neues Präsidium bestellt wurde. *P. Giacasso*, Direktor der Wasserversorgung Genf und Vize-Präsident des SVGW, wurde als 2. Vize-Präsident der IWSA in den Vorstand gewählt. Er bedankte sich in kurzen und prägnanten Worten bei der Generalversammlung für seine Wahl.

Am Sonntag vor dem Kongress hatten die eintreffenden Teilnehmer Gelegenheit, sich für den Kongress im Bella-Center einzuschreiben. Am Abend fand der vielbeachtete Swiss Evening statt, an dem das Schweizer IZW-Komitee eine internationale Gästeschar zu einem Begrüssungscocktail im Hotel Sheraton einlud.

Die Kongress-Eröffnung war auf Montag Vormittag angesetzt. Anlässlich der festlichen Eröffnungszereemonie sprachen unter anderem die Stadträtin für Umweltfragen von Kopenhagen und der Umweltminister von Dänemark. Beide unterstrichen die grosse Bedeutung der IWSA als internationales Forum zur Behandlung von Wasserfragen. Ebenso wurde von Politikerseite zum Ausdruck gebracht, dass eine einwandfreie Wasserversorgung ohne integralen Umweltschutz nicht möglich sei. Im Zuge des Rahmenprogrammes fand am Dienstag Abend auf Einladung des DVGW ein Empfang zu Ehren des gewählten Präsidiums bestehend aus *Dr. H. Tessendorff*, Berlin, *A. Rustad*, Norwegen und *P. Giacasso*, Genf, statt. Ein gut organisiertes Seminar der Foundation of Knowledge widmete sich den Wasserversorgungsproblemen der Dritten Welt. Die gleichzeitig stattfindende Fachausstellung wurde ergänzt durch Informationsstände der Wasserwirtschaft von Dänemark. Im Anschluss an den Kongress hatten die Kongressteilnehmer Gelegenheit, Wasserversorgungen im Raume Südschweden und Dänemark zu besichtigen.

Im Rahmen des Kongresses organisierten verschiedene Länder Studienreisen ausserhalb von Dänemark. Eine Schweizer Gruppe bestehend aus 31 Teilnehmern wählte eine Vorkongressreise, die am 18. Mai von Zürich aus in Leningrad begann, dann über Helsinki nach Stockholm fortgesetzt wurde und am Samstag Vormittag in Kopenhagen endete.

Der 19. Internationale IWSA-Kongress wird vom 4. bis 8. Oktober 1993 in Budapest stattfinden. Der 20. IWSA-Kongress wird 1995 in Südafrika durchgeführt.