

Zeitschrift: Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria
Band: 77 (1985)
Heft: 3-4

Artikel: Filter für Wasser und Abwasser
Autor: Jaggi, Hans
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-940916>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 06.10.2024

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

Filter für Wasser und Abwasser

Hans Jaggi

Entwicklung der Filtration

Sandfilter haben sich in der Filtrationstechnik bewährt. Sie wurden im Laufe der Zeit ständig weiterentwickelt. Die Belastbarkeit konnte durch den Einbau von zusätzlichen Filterschichten (Mehrschichtfilter) vergrößert werden. Die Rückspültechnik wurde ebenfalls verfeinert, und die Abflussqualität verbesserte sich ständig.

Nach wie vor weisen Sandfilter aber einen entscheidenden Nachteil auf: Sie müssen von Zeit zu Zeit rückgespült werden. Für eine bestimmte Zeit ist das Filter nicht einsatzfähig. Es muss also eine entsprechende Reserve vorhanden sein. Der Rückspülprozess selber ist zwar meistens automatisiert. Trotzdem bleibt der Vorgang kompliziert. Eine grosse Anzahl von Armaturen ist zu bewegen. Ein Reservoir für Spülwasser und meist auch ein Rückhaltebecken für Schlammwasser müssen vorhanden sein. Spülpumpen und Spülgebläse verlangen hohe elektrische Anschlusswerte (Bild 1).

Funktionsweise des DynaSand-Filters

Das DynaSand-Filter ist vorerst einmal ein Sandfilter, das vom Wasser durchflossen wird. Die Schichttiefe beträgt je nach Einsatzgebiet 1 bis 2 Meter. Somit lassen sich in erster Näherung dieselben Resultate erwarten wie bei einem herkömmlichen Sandfilter.

Eine erste Abweichung besteht darin, dass die Sandschicht von unten nach oben durchströmt wird. Die Wasserverteilung erfolgt über ein ringförmiges Verteilsystem, das im Gegensatz zu einem Düsenboden keine engen Spalten aufweist. Es kann deshalb nicht verstopfen, weder kurzfristig noch nach längerer Betriebszeit. Die Korngrösse wird so auf die Filtergeschwindigkeit abgestimmt, dass im normalen Filterbetrieb keine Lockerung des Bettes auftritt. Auch von diesem Standpunkt aus gesehen, entspricht die Filterleistung einem normalen Sandfilter (Bild 2).

Das Kernstück des DynaSand-Filters bildet die kontinuierliche Regeneration. Um das Verteilsystem bildet sich die am stärksten verschmutzte Zone. Dieser Sand wird durch eine Mammutpumpe im Zentrum der Filtereinheit hochgepumpt. Die intensive Turbulenz, die durch die eingepresste Druckluft erzeugt wird, schafft innerhalb der Mammutpumpe analoge Verhältnisse, wie bei der Rückspülung mit Luft und Wasser. Der Schmutz wird vom Sandkorn gelöst.

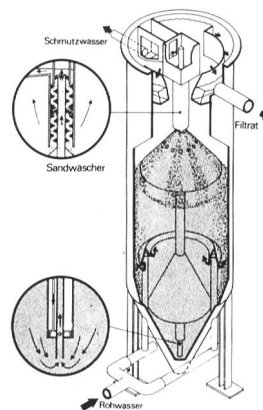
Am oberen Ende wird die Geschwindigkeit durch eine Querschnittserweiterung so vermindert, dass das Wasser die Sandkörner nicht mehr mitzureissen vermag, die Phasen trennen sich. Das Schmutzwasser fliesst über einen Überlauf weg, die gereinigten Sandkörner fallen über ein

Labyrinth zurück auf das Filterbett. Im Labyrinth wiederum herrscht eine leichte Gegenströmung von filtriertem Wasser, welches die einzelnen Sandkörner klarspült. Diese Phase entspricht der Wasserspülung beim konventionellen Filter.

Das DynaSand-Filter besitzt keine beweglichen Teile. Einzig ein Teil des Sandes ist in langsamer Bewegung. Daher entsteht auch keine Abnutzung, und es werden keine Ersatzteile benötigt.

Die Filtrationsphase muss nie unterbrochen werden, um das Filter rückzuspülen. Die gesamte Filterkapazität steht also Tag und Nacht vollumfänglich zur Verfügung. Auch fallen alle Einrichtungen weg, die zur Einleitung der Spülung dienen, also Steuerung, Armaturen und eine Menge Rohrleitungen. Nicht zu vergessen sind auch die Stapelbecken für Spülwasser und Schlammwasser, die bei einem DynaSand-Filter unnötig sind. Sowohl das Filtrat als auch das Schlammwasser entströmen dem Filter während der ganzen Betriebszeit gleichmässig und ohne Unterbruch.

Bild 2. Schnitt durch ein DynaSand-Filter.



Prozesstechnische Vorteile

Die Beladung des DynaSand-Filters ist immer gleich gross und entspricht einem gut eingefahrenen Sandfilter. Nach Untersuchungen von *Boller* [1] ist der Filtrationskoeffizient (und damit die Filtrationsqualität) abhängig von der Filterbeladung. Ein normales Filter liefert nach der Spülung ein leicht trübes Wasser. Die Qualität erreicht mit zunehmender Beladung ein Optimum und sinkt dann wieder stark ab. Im Gegensatz dazu kann ein DynaSand-Filter konstant bei optimaler Beladung und daher bei bester Filtratqualität gefahren werden (Bild 3).

Der Druckabfall des DynaSand-Filters steigt kurz nach der Inbetriebsetzung leicht an und bleibt dann konstant, weil die kontinuierliche Reinigung ein weiteres Ansteigen verhindert. Dies macht das Filter auch relativ unempfindlich gegen hohe Feststoffgehalte und Belastungsschüsse. Absolut gesehen ist der Druckabfall sehr gering und übersteigt in der Regel 50 cm nicht, dies, obschon das DynaSand-Filter ein echtes Tiefenfilter ist (Bild 4).

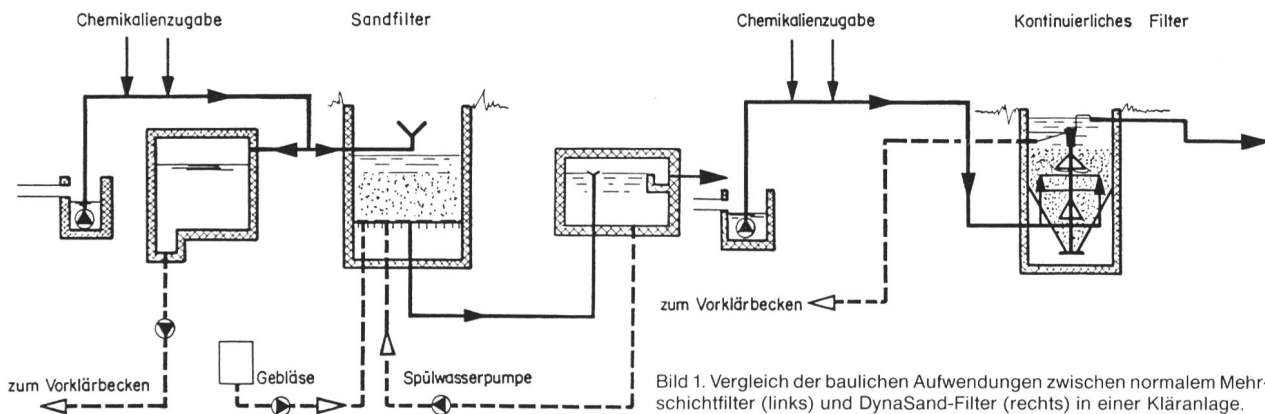


Bild 1. Vergleich der baulichen Aufwendungen zwischen normalem Mehrschichtfilter (links) und DynaSand-Filter (rechts) in einer Kläranlage.

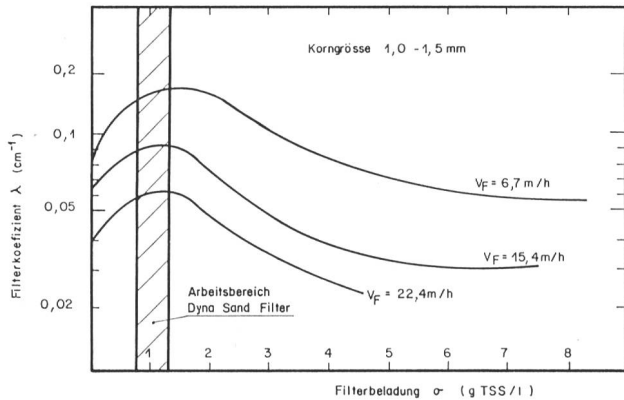


Bild 3. Filterkoeffizient in Abhängigkeit der Filterbelastung für verschiedene Filtergeschwindigkeiten bei einer Korngrösse von 1,0 bis 1,5 mm.

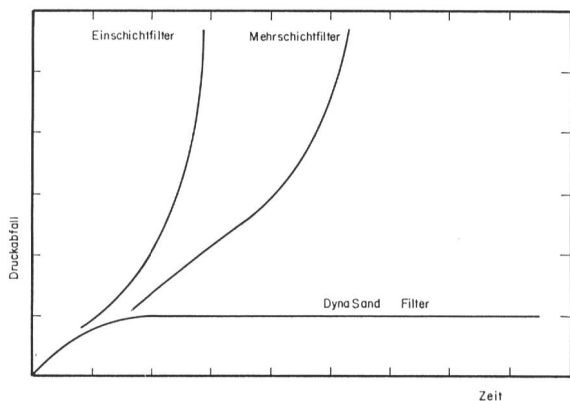


Bild 4. Vergleich des Druckabfalls infolge Filterbelastung bei verschiedenen Filtertypen.

Ein weiterer prozesstechnischer Vorteil liegt in der raschen und gleichmässigen Rückgabe des Schlammwassers. Vor dem Filter zugesetzte Flockungsmittel werden bereits nach 1 bis 2 Stunden aus dem Filter ausgespült. Der Schlammwasserstrom mit dem überschüssigen Flockungsmittel kann daher in einer vorgeschalteten Sedimentationsstufe vollständig ausgenutzt werden.

Konstruktionsformen

Beim DynaSand-Filter lassen sich zwei verschiedene Konstruktionsformen unterscheiden.

Kleine Anlagen (bis etwa 50 m³/h) bestehen aus einem runden Einzelelement. Sie sind in der Regel aus rostfreiem Stahl, in besonderen Fällen aus glasfaserverstärktem Kunststoff gefertigt. Die Filterfläche beträgt 1 bis 5 m², die Mammutpumpe sitzt im Zentrum (Bild 5).

Für grössere Filterleistungen werden mehrere Elemente parallelgeschaltet. Diese Anordnung ergibt eine sehr hohe Flexibilität, da jeweils nur die momentan notwendige Filterkapazität in Betrieb gehalten werden muss (Bild 6).

Grossanlagen (ab etwa 300 m³/h) werden grundsätzlich anders aufgebaut. Das Einzelmodul ist 6eckig, bestückt mit einer zentral angeordneten Mammutpumpe. Mehrere solcher Module werden zu wabenförmigen Gruppen zusammengestellt.

Die Umfassungswände werden dann in Beton erstellt. Da die Zwischenwände entfallen, reduzieren sich die Baukosten entsprechend. Innerhalb dieser Umfassungswände wird pro Modul ein Konus aus rostfreiem Stahl eingesetzt. Unterhalb dieses Konus entsteht ein Polsterraum, der insbesondere bei der Flockungsfiltration ein wertvolles Reaktionsbecken darstellt (Bild 7).

Das filtrierte Wasser verlässt das Filter oberhalb des Sandbettes. Das Filter kann also in die Tiefe gestellt werden, ohne dass der Abfluss gestört wird. Daraus resultiert eine geringe Bauhöhe, was oft aus ästhetischen Gründen sympathisch ist.

Einsatzgebiete

Weltweit sind mehrere hundert DynaSand-Filteranlagen in Betrieb. Das Anwendungsspektrum reicht von der Trinkwassergewinnung über Fischzucht, Stahl-, Papier- und Nahrungsmittelindustrie bis zur weitergehenden Abwasserreinigung. Die Vorteile treten dann am stärksten zutage, wenn

- das Wasser sehr stark belastet ist
- eine vorgegebene Wassermenge pausenlos filtriert werden muss,
- der Schlammwasserstrom für einen weiteren Prozessschritt ausgenutzt werden kann,
- eine einfache Anlage ohne aufwendige Steuerung gesucht wird.

An drei Beispielen sollen die Einsatzmöglichkeiten etwas näher betrachtet werden.

Beispiel 1

Problem: Flusswasseraufbereitung für eine Wäscherei. Typischer Gebirgsfluss mit stark schwankendem Feststoffgehalt.

Anlage: 1 DynaSand-Filter Stahl 2 m², mit Dosierung von Flockungsmittel (FM) und Flockungshilfsmittel (Polyelektrolyt = PE); Filterbeschickung 6 bis 15 m³/m²h; Direktflockung auf das Filter.

Resultate

	Rohwasser	Filtrat		Eliminationsrate %
	ungelöste Stoffe SS (mg/l)	ohne FM SS (mg/l)	mit FM SS (mg/l)	
Trockenwetter	4 – 6	2	1	70 – 80
leichter Regen	10 – 20	6 – 8	4 – 6	60 – 70
starker Regen	20 – 50	–	8 – 10	60 – 80

Beurteilung: Das bis zu 50 mg/l ungelöste Stoffe (SS) enthaltende Wasser kann geflockt und direkt auf das Filter geleitet werden. Die Abflussqualität ist einem konventionellen Filter ebenbürtig, eher besser.

Beispiel 2

Problem: Weitergehende Abwasserreinigung in einer kommunalen Kläranlage, Reduktion des Phosphatgehaltes auf 0,2 mg P/l und der ungelösten Stoffe auf 5 mg/l.



Bild 5. DynaSand-Filter als Einzelelement.



Bild 6. DynaSand-Filter der ARA Maur/ZH. 6 Filter à je 3 m². Anlageleistung 288 m³/h.

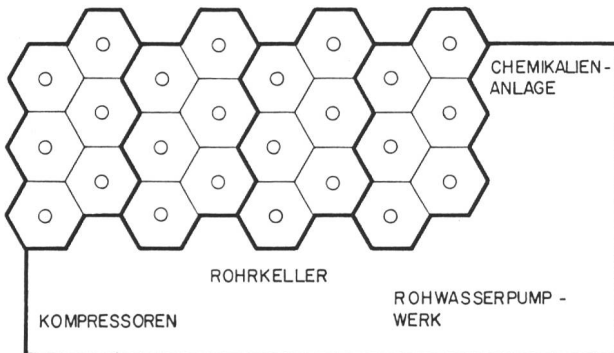


Bild 7. Schema einer DynaSand-Filteranlage in Betonbauweise.

Anlage: Zweistrassige Anlage mit je 3 × 3 m² Filterfläche, wabenförmige Gruppierung mit Umfassungsmauern aus Beton; Dosierung von Eisenchlorid direkt auf das Filter, kein Flockungshilfsmittel; Filterbeschickung bei Trockenwetter 7,5 m³/m²h, bei Regenwetter 15 m³/m²h.

Resultate

	Rohwasser mg/l	Filtrat mg/l	Elimination %
Ungelöste Stoffe	6	<1	>85
Phosphor	0,76	0,08	90
BSB ₅	4,04	1,98	51

Beurteilung: Die vorgeschriebenen Werte für ungelöste Stoffe (SS) und Phosphor wurden weit unterschritten. Der BSB₅ reduzierte sich nach der bekannten Relation (1 mg SS entspricht ca. 0,44 mg BSB₅).

Beispiel 3

Problem: Wiederverwendung von Prozesswasser einer Kartonfabrik und Rückgewinnung von Faserstoff und Kaolin.

Anlage: DynaSand-Filter aus Stahl, Filterfläche 2 m²; keine Vorbehandlung, keine Dosierung; Filterbeschickung 3,5 m³/m²h.

Resultate

	Filterbelastung		Feststoff- konzentration mg/l	Elimination bzw. Eindickungs- faktor
	Wasser m ³ /m ² h	Feststoff g/m ² h		
Rohwasser	3,5	1150	330	x
Filtrat	2,9	400	140	58%
Schlamm- wasser	0,6	750	1250	3,8

Beurteilung: Das Filter arbeitet bezüglich Feststoffbelastung an der Belastungsgrenze. Die Eliminationsrate beim Filtrat beträgt 58%. Rund 65% der Feststoffe können zurückgewonnen werden. Der Eindickungsfaktor beträgt 3,8. Die Resultate können durch den Einsatz von Flockungsmitteln noch verbessert werden.

Betriebserfahrungen

Im Betrieb wirken sich vor allem die folgenden drei Eigenschaften positiv aus:

- kontinuierliche Filtration, keine Unterbrechung des Filtrationsvorganges, keine Steuerung,
- einfache Optimierung des Prozesses,
- gutmütiges Verhalten bei Belastungsschüssen, selbständige Regeneration.

Konventionelle Filter sind periodisch zu spülen. Während dieser Zeit müssen die anderen Filter deren Funktion übernehmen. Es braucht also eine Steuerung, welche einerseits die Reihenfolge der zu spülenden Filter bestimmt und andererseits den Spülprozess steuert und überwacht. Das DynaSand-Filter benötigt keine solche Steuerung.

Die betriebliche Optimierung des Filtersystems selbst basiert auf zwei Parametern. Durch die Druckluftmenge wird die Sandumwälzmenge und damit die Regenerationszeit des ganzen Filtermediums bestimmt. Die Schlammwassermenge ergibt sich aus der Pegeldifferenz zwischen Reinwasser- und Schlammwasserspiegel. Sie kann mit einem Teleskoprohr leicht eingestellt werden.

Bei geringer Belastung kann die Regeneration des Filters durch Abstellen der Druckluft und Unterbinden des Schlammwasserrücklaufs abgeschaltet werden. Über eine Differenzdruckschaltung wird die Regeneration aktiviert, sobald der Druckabfall über ein gewisses Mass ansteigt. Auf diese Weise kann Energie gespart werden. Die Praxis hat jedoch gezeigt, dass von dieser Möglichkeit kaum Gebrauch gemacht wird. Die Stärke des DynaSand-Filters liegt eindeutig in der Einfachheit, während die effektiv eingesparte Energie vergleichsweise gering ist.

Nicht selten hat das Filter Belastungsschüsse zu verkraften, oft auch daher, weil vorgeschaltete Prozessstufen nicht einwandfrei arbeiten. In diesem Fall verhält sich das DynaSand-Filter ausserordentlich gutmütig. Belastungsschüsse führen zwar zu einer vorübergehend verschlechterten Filtratqualität. Die kontinuierliche Regeneration beginnt aber sofort damit, die im Filter angehäuften Schlammmenge abzubauen. Nach spätestens 6 Stunden ist das ganze Filtermedium einmal umgewälzt und regeneriert.

Die guten Betriebserfahrungen bestätigen sich auch an fertigen Anlagen. So wurde zum Beispiel die Anlage Mönchal-

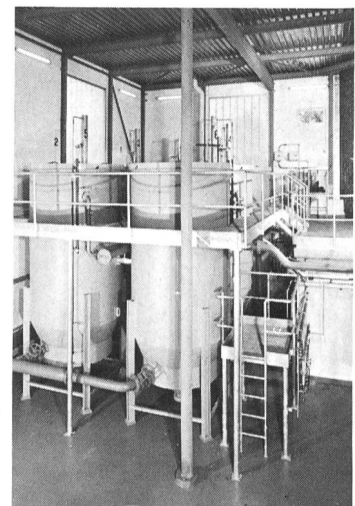


Bild 8. DynaSand-Filter ARA Mönchaltorf/ZH. 2 Filter à je 9 m². Anlageleistung 252 m³/h.

torf am 16. Dezember 1981 in Betrieb gesetzt und seither ohne Unterbruch während 20 000 Stunden betrieben. Die Wartung beschränkt sich auf einen täglichen Kontrollgang und die wöchentliche Reinigung der Filterwände (Bild 8).

Zukunftsaussichten

DynaSand-Filter weisen ein erhebliches Potential an Ausbaumöglichkeiten für weitere Prozessstufen auf. So kann zum Beispiel anstelle von Sand Aktivkohle oder ein anderes aktives Filtermedium verwendet werden. Das DynaSand-Filter wird dann zur Absorptionsstufe.

Im DynaSand-Filter spielen sich auch biologische Vorgänge ab. Die Voraussetzung hierfür sind gegeben durch die grosse Oberfläche der Sandkörner (gegebenenfalls Aktivkohle), deren Bett nie als ganzes aufgewirbelt wird. Damit wird der Lebensraum der Biomasse nie gestört (oder zumindest geschwächt), wie dies beim konventionellen Raumfilter bei jeder Spülung geschieht.

Bei Parallelversuchen in Pfäffikon konnte beim DynaSand-Filter als einzigem System eine deutliche Abnahme der Nitritkonzentration (über 80%) beobachtet werden [2]. (Diese Werte wurden inzwischen in der ARA Maur bestätigt.) In mehreren Anlagen wurde eine Nitritifikation nachgewiesen, zum Teil kombiniert mit einer gleichzeitigen Denitrifikation. Es bedarf allerdings noch einiger Forschungsarbeit, bis diese Vorgänge beherrscht und gezielt eingesetzt werden

können. Sie beweisen aber, dass das DynaSand Filter prozesstechnisch ausbaubar ist. Darum ist ein DynaSand Filter auch eine Investition in die Zukunft.

Zusammenfassung

DynaSand-Filter sind Raumfilter, die sich kontinuierlich regenerieren und daher ohne Unterbruch einsatzbereit sind. Prozesstechnische Vorteile sind gleichmässige Filtratqualität und konstanter Druckabfall. Filter bis etwa 300 m³/h werden als Stahl tanks, grössere in Betonbauweise erstellt. Praktisch überall, wo heute Sandfilter oder Mehrschichtfilter verwendet werden, lassen sich DynaSand Filter sinnvoll einsetzen. Die Eliminationsraten für Feststoffe betragen 60 bis 90%. Diese Filter sind einfach und betriebs sicher. Sie benötigen keine Steuerung und besitzen keine beweglichen Teile, die der Abnutzung unterworfen sind.

Literatur

[1] M. Boller: Theorie der Filtration, VSA Fachtagung «Abwasserfiltration» 4./5. November 1982, Zürich

[2] F. Schanz und P. Pleisch: Bioteste zum Vergleich von drei neuen, parallel betriebenen Verfahren zur weitestgehenden Phosphorelimination. «Gas, Wasser, Abwasser» 1981/1

DynaSand ist eine eingetragene Schutzmarke der Häny & Cie. AG, CH-8706 Meilen.

Adresse des Verfassers: Dr. Hans Jaggi, dipl. Ing. ETH/SIA, c/o Häny & Cie. AG, Pumpen und Wasseraufbereitungsanlagen, CH-8706 Meilen.

Die Sanierung des mittleren Rheinfallfelsens

Der Rheinfall bei Neuhausen kann zu den grössten und imposantesten Wasserfällen in Europa gezählt werden. Seine Entstehung begann nach der letzten Eiszeit. Er liegt an jener Stelle, wo der neue Rheinlauf auf einen alten, querliegenden, zwischeneiszeitlichen Lauf trifft. Das Wasser fällt dabei über die Talflanke aus Kalkfelsen rund 25m tief in die alte Rinne. Dank der ausgleichenden Wirkung des Bodensees schwankt die Rheinwassermenge nur zwischen rund 120m³/s und 1000m³/s. Besonders markant sind die beiden sich aus der Mitte des Falles erhebenden Felszähne. Der kleine Zahn steht auf zwei Beinen. Sein wasserseitiges Bein wurde Ende des letzten Jahrhunderts durch eine Vormauerung gegen Abrieb geschützt.

Der grosse Fels ist per Boot erreichbar, und über eine schmale Treppe haben schon unzählige wagemutige Touristen die winzige Aussichtskanzel auf der Felsspitze erreicht. Eine vor kurzem durchgeführte Grenzvermessung hat ergeben, dass 55% der Felsfläche auf Boden des Kantons Zürich und der Rest auf demjenigen des Kantons Schaffhausen liegen. Für Sanierungen ist der Kanton Zürich zuständig. Die Kosten werden von den Kantonen je zur Hälfte übernommen.

Im Jahre 1979 wurde die Befürchtung geäussert, dass bei starker Wasserführung am grossen Felsen Vibrationen auftreten könnten. In den Jahren 1980 und 1981 wurde er geologisch untersucht, und bei grösseren Wassermengen wurden Erschütterungsmessungen ausgeführt, die allerdings zu keinen messbaren (da zu geringen) Resultaten führten. Der Fels besteht aus Malmkalk, durchzogen mit verschiedenen Klüften, die teilweise offen und mit Boluston gefüllt sind. Der Felszahn erweist sich heute als statisch stabil; eine Einsturzgefahr besteht nicht. Allerdings ist aber damit zu rechnen, dass langsame Erosions- und Verwitterungsvor-

gänge die Standfestigkeit des Felsens allmählich schwächen.

Insgesamt scheint sich der Rheinfall seit seinem Entstehen vor rund 6000 Jahren erst um rund 20m zurückgefressen zu haben. Diese Konstanz des Falles ist auf folgende Fakten zurückzuführen:

- Geringe Geröll- und Sandführung des Rheins
 - Grosse Widerstandsfähigkeit der Felsschwelle
 - Überzug des Kalks mit einer zähen Schicht von Algen
- Die Regierungen der beiden Kantone beschlossen im November 1983, der Erosion am mittleren Felsen mit einfachen Massnahmen Einhalt zu gebieten.

Mit einer widerstandsfähigen Spritzbetonverkleidung werden die der Erosion ausgesetzten Felspartien abgedeckt, d.h. die unteren 3 bis 4m der bergseitigen, dem Wasseranprall ausgesetzten Felswand sowie der unterschrittene Bereich gegenüber dem kleineren Felsen. Der Aufbau der ins-



Nach Abschluss der Sanierungsarbeiten am Rheinfallfelsens in Schaffhausen präsentieren sich die beiden Zähne wieder in alter Form, aber mit neuem Kleid. Die der Felsoberfläche angepasste Spritzbetonschicht wird mit der ansetzenden Patina nach kurzer Zeit kaum mehr als künstliche Massnahme wahrzunehmen sein. (Foto: Ch. Messerli, Schaffhausen)