Die Bewältigung des Geschwemmsels in Flusskraftwerken

Autor(en): **Vischer, D. / Gysel, M.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Wasser- und Energiewirtschaft = Cours d'eau et énergie**

Band (Jahr): **61 (1969)**

Heft 12

PDF erstellt am: **25.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-921587

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

DIE BEWÄLTIGUNG DES GESCHWEMMSELS IN FLUSSKRAFTWERKEN

Dr. Ing. D. Vischer und dipl. Ing. M. Gysel, Motor Columbus Ingenieurunternehmung AG Baden

DK 628.3:627.88

1. Einleitung

Bei den Feststoffen, die ein oberirdisches Gewässer mit sich führt, kann grundsätzlich zwischen Geschiebe, Schwebestoffen und Geschwemmsel unterschieden werden. Wie schon aus diesen Bezeichnungen hervorgeht, handelt es sich beim Geschiebe um Material, das durch die Strömung entlang der Gerinnesohle bewegt wird, bei den Schwebestoffen um solches, das als Suspension im Wasser verfrachtet wird und beim Geschwemmsel um schwimmende Körper. Alle drei Gattungen weisen in unseren Gewässern Komponenten auf, die einerseits natürlichen Ursprungs sind und anderseits von der Zivilisation herrühren.

Vom Standpunkt der Wasserkraftnutzung stellen diese Feststoffe seit jeher ein Problem dar, weil sie einen Kraftwerkbetrieb in mehrfacher Hinsicht beeinträchtigen können. Einmal besteht die Möglichkeit, dass sie sich irgendwo längs der Nutzungsstrecke ablagern und die Strömung derart stören, dass das Nutzgefälle und sogar die Nutzwassermenge empfindlich verringert werden. Dann können sie aber auch die Kraftwerkanlagen durch Verstopfung, Abrasion und Korrosion in Mitleidenschaft ziehen. Deshalb nimmt man sowohl bei der allgemeinen Anordnung eines Kraftwerkes als bei seiner konstruktiven Durchbildung auf die Feststoffe Rücksicht, mit dem Ziel,

— die Ablagerung von Feststoffen in der Nutzungsstrecke zu verhindern
— die Feststoffbelastung des Nutzwassers herabzusetzen
— die Feststoffe vor den empfindlichen Kraftwerkanlagen aufzufangen.

Die erstgenannte Massnahme bezieht sich naturgemäss vor allem auf das Geschiebe und auf die schwereren Schwebestoffe. Sie erheischt ein genaues Studium des Flussregimes, damit die Nutzungsstrecke derart gestaltet werden kann, dass weder unerwünschte Kiesbänke noch Kolke entstehen können und der Sedimenttransport längs der ganzen Nutzungsstrecke gewährleistet bleibt. Die zweitgenannte Massnahme zielt auf eine Ablenkung des Geschiebes und des Geschwemmsels bei der Fassung ab, indem durch eine geeignete Führung der Strömung dafür gesorgt wird, dass die Feststoffe möglichst im ungenutzten Wasser, also im Rest- oder Ueberschusswasser, verbleiben. Bei der drittgenannten Massnahme geht es schliesslich im wesentlichen um eine Säuberung des Nutzwassers.

Es versteht sich von selbst, dass sich heute die Oeffentlichkeit im Rahmen der Anstrengungen zur Reinhaltung der Gewässer stark für diese Säuberungsmassnahme interessiert. Dabei denkt sie allerdings ausschliesslich an das Geschwemmselproblem. Zwischen den Kraftwerken und den Gewässerschutzstellen besteht hinsichtlich der Herausnahme des Geschwemmsels eine gewisse Interessengemeinschaft. Immerhin darf nicht übersehen werden, dass die Kraftwerke eben nur eine Säuberung des Nutzwassers beabsichtigen, während die Gewässerschutzstellen eine Reinigung des Gesamtwassers anstreben. Ferner ist zu beachten, dass die Kraftwerke alle betriebshemmenden Feststoffe, also auch diejenigen natürlichen Ursprungs, erfassen müssen, während die Gewässerschutzstellen primär an der Beseitigung der Zivilisationsrückstände, insbesondere der schwimmenden Abfälle, interessiert sind.

Zu Handen der entsprechenden Diskussionen und Verhandlungen wird im folgenden versucht, einen Ueberblick über die technischen Möglichkeiten der Kraftwerke zur Meisterung des Geschwemmselproblems zu geben.

2. Art und Anfall des Geschwemmsels

Von vielen Flusskraftwerken werden schon seit längerer Zeit Geschwemmselstatistiken geführt, deren Rubriken wie folgt zusammengefasst werden können:

Treibzeug: grobes Treibzeug wie Bäume, Wurzelstöcke Brennholz, Balken, Bretter;
kleines Treibzeug wie kleine Aeste, Laub, Gras, Schilf, Algen, Kanister, Büchsen, Flaschen, Plastik, Karton (Wegwerfpackungen).

Kadaver: Rehe, Hasen, Vögel, Fische, Kälber, Ziegen, Schafe, Schweine, Hunde, Katzen sowie Tierhäute und Fleischabfälle.

Eis: Treibeis, Breieis (Grundeis).

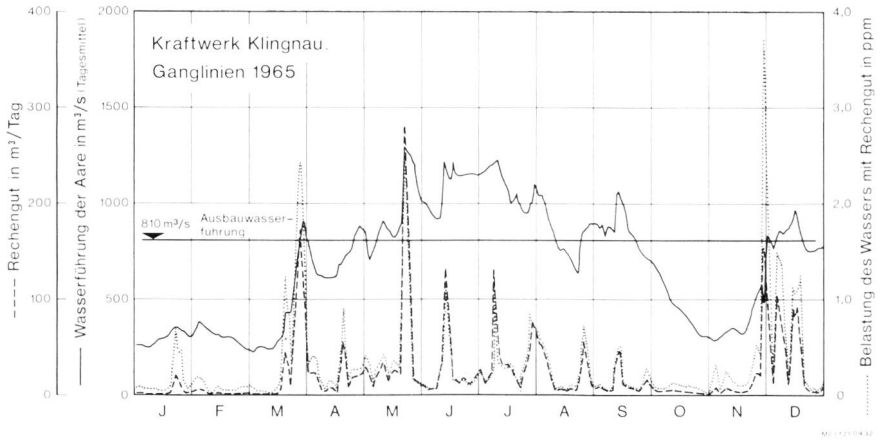
Der Treibzeug- und Kadaveranfall wird mengenmässig nur soweit ermittelt, als er vor die Rechen der Turbineneinläufe gelangt, dort aufgehalten und als Rechengut gehoben wird. Der Anteil, der also mit dem Rest- oder Ueberschusswasser durch das Wehr strömt oder die Rechen pas-

JÄHRLICHES RECHENGUT DER AAREKRAFTWERKE ZWISCHEN BIELERSEE UND KOBLENZ — Periode 1959 bis 1966

Kraftwerk	Mittlerer Aare-abfluss[1])	Ausbau-wasser-menge	Treibzeug Min	Treibzeug Max	Treibzeug Mittel	Kadaver Min	Kadaver Max	Kadaver Mittel
	m³/s	m³/s	m³	m³	m³	kg	kg	kg
Luterbach	264	27	230	450	350	40	80	60
Alt-Bannwil	264	130	1080	1880	1460	340	880	610
Wynau	264	200	1250	3130	1920	0	1000	400
Ruppoldingen	264	200	320	1580	770	360	1280	900
Gösgen	264	380	1950	8900	4350	800	2750	1510
Aarau-Stadt	264	304	1300	2070	1590	310	1060	750
Aarau-Rüchlig	264	265	370	790	600	0	910	420
Rupperswil–Auenstein	288	350	950	3380	2420	130	570	300
Wildegg-Brugg	288	350	980	3200	1870	170	1250	480
Beznau	516	410	2130	5610	3460	180	1200	620
Klingnau	516	810	2800	8010	4300	10	1240	660

[1]) Limnigraphen Murgenthal, Brugg, Stilli

Bild 1
Ganglinien der Wasserführung, des Rechengutes und der entsprechenden Belastung, nach Aufzeichnungen des Aarekraftwerkes Klingnau 1965; bei zunehmender Wasserführung steigt die Belastung um ein Mehrfaches.



siert, bleibt unerfasst. Wie bereits einleitend erwähnt, setzen sich die Kraftwerke nur mit dem betriebshemmenden Geschwemmsel im Nutzwasser auseinander.

Solange die Wasserführung des Flusses kleiner als das Schluckvermögen der Turbinen bleibt, ist das Nutzwasser allerdings mit dem Gesamtabfluss praktisch identisch (bei Kanalwerken allenfalls bis auf eine im Fluss verbleibende Pflichtwassermenge), so dass alles Geschwemmsel vor die Rechen getrieben wird. Wird das Schluckvermögen hingegen überschritten, geht, insbesondere bei Hochwasser, viel Geschwemmsel durch das Wehr. Bei unseren neueren Flusskraftwerken kommen diese Ueberschreitungen im Durchschnitt an 80 bis 100 Tagen pro Jahr vor, je nach Schluckvermögen bzw. Ausbauwassermenge.

Einen Ueberblick über die Grössenordnung des Rechengutanfalles vermittelt die Tabelle, die anhand der Aufzeichnungen in den Jahresberichten des Verbandes der Aare- und Rheinkraftwerke zusammengestellt wurde.

Bei der Beurteilung muss berücksichtigt werden, dass diese Kraftwerke sowie die ebenfalls dem Verband Aare-Rheinwerke angeschlossenen Wasserkraftanlagen am Hochrhein vom Bodensee bis Basel seit vielen Jahren und aus eigenem Antrieb, das heisst ohne durch die Wasserrechtsverleihungen dazu verhalten zu sein, die Kadaver sowie das grobe Treibzeug, die Metall- und Glasbestandteile des kleinen Treibzeugs, Wurzelstöcke und dergleichen, beseitigen, den Rest des kleinen Treibzeugs aber aus betrieblichen Gründen in das Unterwasser leiten. Dieser Rest wird also unter Umständen von mehreren Kraftwerken nacheinander erfasst. Selbstverständlich wird auch das an die Rechen geschwemmte und dort gehobene Eis wieder dem Fluss überlassen. Da es jedoch in seiner Art stark vom übrigen Geschwemmsel abweicht und zeitlich nur beschränkt in Erscheinung tritt, wird seine Menge meist nicht ermittelt.

Beim Treibzeuganfall ist charakteristisch, dass er in Schüben auftritt, welche jeweils unmittelbar einer Zunahme der Wasserführung, insbesondere bei Hochwasser, folgen. Dies hängt naturgemäss damit zusammen, dass bei steigendem Wasserspiegel alle Uferpartien des Einzugsgebietes sukzessive abgeräumt werden. Bild 1 zeigt als Beispiel die Ganglinien der Erhebungen 1965 in Klingnau, wobei zur Verdeutlichung auch die Treibzeugbelastung in ppm (parts per million = Tausendstel Promille) angegeben ist. Es zeigt sich, dass in Klingnau normalerweise nur mit Werten um 0,1 ppm zu rechnen ist, dass aber bei zunehmender Wasserführung Spitzenwerte von mehreren ppm auftreten können. Da die Strömung im Klingnauer Stausee selbst in Hochwasserzeiten praktisch alles Geschwemmsel vor die Rechen treibt und somit dem Wehr nur wenig zuführt, dürfen die errechneten Spitzenwerte auch bei Wasserführungen, welche die Ausbauwassermenge überschreiten, als einigermassen zuverlässig beurteilt werden. Zu erwähnen ist in diesem Zusammenhang noch die in Klingnau beim Hochwasser vom 22. September 1968 gehobene Treibzeugmenge von rund 1300 m³ bei einer mittleren Aarewasserführung von rund 1900 m³/s. Dieser extreme Anfall entspricht einer Treibzeugbelastung von 8 ppm.

3. Abweisung des Geschwemmsels

Wie in der Einleitung umrissen, können verschiedene Massnahmen ergriffen werden, um die Treibzeugbelastung des Nutzwassers herabzusetzen. Dies kann bereits an der Fassung oder aber erst unmittelbar vor dem Rechen geschehen. In jedem Fall geht es jedoch darum, das Geschwemmsel vom Rechen fernzuhalten, indem dieses seitlich abgewiesen und abgeleitet wird.

3.1. GESCHWEMMSELFREIE ANORDNUNG DER FASSUNG

Da das Geschwemmsel definitionsgemäss von der Oberflächenströmung verfrachtet wird, sollte bei der allgemeinen Anordnung der Fassung oder der Maschinenhausvorbucht auf sie geachtet werden. In Krümmungen bewegt sich beispielsweise die schnellere Oberflächenströmung infolge der Zentrifugalkraft gegen die Aussenseite, während die langsamere Grundströmung zum Ausgleich an die Innenseite getrieben wird. Es entsteht also eine Flechtströmung, die das Geschwemmsel an die Aussenseite trägt. Demzufolge müsste man eine Nutzwasserentnahme stets an der Kurveninnenseite vorsehen, um den Abtransport des Geschwemmsels möglichst dem Rest- oder Ueberschusswasser zu überlassen. Leider erheischt nun aber die Abweisung eines andern Feststoffes, nämlich des Geschiebes, die entgegengesetzte Massnahme. Die Flechtströmung schleppt das Geschiebe bekanntlich an die Kurveninnenseite, so dass eine geschiebefreie Nutzwasserentnahme nur an der Aussenseite zu verwirklichen ist. Es müssen deshalb in jedem konkreten Fall beide Gesichtspunkte gegeneinander abgewogen werden. Es empfiehlt sich auch, die Verhältnisse an einem Modell zu überprüfen.

Bei den bestehenden Kraftwerken sind die Entnahmestellen selbstverständlich gegeben und können nicht mehr geändert werden. Es scheint aber, dass die meisten von ihnen aufgrund von bau- und geschiebetechnischen Ueberlegungen gewählt wurden; dem Geschwemmselproblem wurde früher wohl weniger Beachtung geschenkt. Dies mag damit zusammenhängen, dass der Treibzeuganfall damals, als es noch weniger Zivilisationsrückstände gab, geringer war

Bild 2 Geschwemmsel im Auffangbecken des Kraftwerkes Aarberg; mit dem natürlichen Treibzeug werden auch viel Zivilisationsrückstände angeschwemmt.

Bild 3 Geschwemmselteppich vor dem Kraftwerk Klingnau am 22. September 1968; insgesamt wurden bei diesem Hochwasser 1300 m³ Rechengut gehoben.

und dass für seine Bewältigung mehr Personal zur Verfügung stand.

3.2. TAUCHWÄNDE ODER SCHWIMMBALKEN

Eine andere Möglichkeit, um das Nutzwasser ausserhalb der geschwemmselführenden Oberflächenströmung zu entnehmen, besteht in der Anordnung einer Tauchwand. Diese schirmt die Fassung oder Maschinenhausvorbucht dadurch ab, dass sie 0,5 bis 1,0 m in die Strömung eintaucht. Das Geschwemmsel wird dann aufgehalten und seitlich abgelenkt, indem es entweder weggestossen oder weggespült wird. Letzteres kann durch das Rest- oder Ueberschusswasser geschehen. Sofern nur eine kleine Spülwassermenge zur Verfügung steht, empfiehlt es sich, die Tauchwand in einem Winkel von rund 30 Grad zur gefassten Nutzwasserströmung anzuordnen, damit die erforderliche Abtrift entsteht. Bei grösseren Winkeln besteht die Gefahr, dass sich das Geschwemmsel zu grossen Teppichen aufstaut, die sich nur schwer beseitigen lassen.

Eine Tauchwand wird meist aus Eisenbeton in Kombination mit einem Bedienungssteg erstellt. Es besteht aber auch die Möglichkeit, die Tauchwand mit schwimmenden Elementen, das heisst mit sogenannten Schwimmbalken (Eisbäumen) zu realisieren. Diese aus 5 bis 20 m langen Gliedern gelenkig zusammengefügten Holz- oder Metallkonstruktionen werden mittels Pollern und Seilverspannungen festgehalten; grössere Einheiten sind begehbar ausgebildet.

Sowohl die Tauchwand als auch die Schwimmbalkenkette sind im Grundriss derart angeordnet, dass sie das Geschwemmsel einer Spülöffnung zuführen. Falls diese aus einer benachbarten Wehröffnung besteht, muss sie natürlich entsprechend ausgebildet werden. So kann etwa eine besondere Spülklappe eingebaut werden, die eine Weiterleitung des Geschwemmsels auch bei geringen Spülwassermengen ermöglicht.

Falls die Wasserspiegel im Bereich der Nutzwasserentnahme starken Schwankungen unterworfen sind, muss die Unterkante der Tauchwand natürlich unter dem niedrigsten Stauspiegel liegen. Dadurch wirkt die Tauchwand bei höherem Stauspiegel wie eine Blende und erzeugt entsprechende hydraulische Verluste. Aus diesem Grunde und auch damit nur wenig Geschwemmsel unter der Kante durchgerissen wird, sollte die Geschwindigkeit des gefassten Nutzwassers 0,8—1,2 m/s nicht überschreiten.

Die Schwimmbalken können derart befestigt werden, dass sie allfälligen Spiegelschwankungen zu folgen vermögen.

3.3. MASSNAHMEN VOR DER RECHENFRONT

Wenn keine Tauchwand oder Schwimmbalkenkette vorhanden ist, gelangt das im Nutzwasser treibende Geschwemmsel vor die Turbineneinläufe. Dort werden seine grösseren Bestandteile durch Rechen aufgehalten, damit die Turbinen nicht beschädigt werden. Der lichte Abstand zwischen den Rechenstäben richtet sich nach dem Turbinentyp, der Turbinengrösse und der Schaufelgeschwindigkeit.

Falls die Rechen der verschiedenen Turbineneinläufe nicht durch Zwischenpfeiler voneinander getrennt sind, bilden sie eine einheitliche Rechenfront, die zunächst ähnlich wie eine Tauchwand wirkt. Dies gilt besonders dann, wenn die Rechentafeln nicht bis zur Wasseroberfläche hinaufragen, sondern in eine Betonplatte gleicher Neigung übergehen. Meistens liegt diese Rechenfront aber senkrecht zur Anströmung, so dass das Geschwemmsel nicht ohne weiteres seitlich abgewiesen wird. Um grössere Anhäufungen, die eine Behinderung der Turbinenbeaufschlagung zur Folge hätten, zu vermeiden, muss das Geschwemmsel somit gehoben oder seitwärts weggeschafft werden. Für das letztere eignet sich ein sogenannter Eisrechen am besten. Er besteht aus einer Art Riesenkamm, welcher quer zur Rechenfront bewegt werden kann. Meist hängt er an einem Ausleger, der von einer fahrbaren Rechenreinigungsmaschine aus abgesenkt wird. Die Kraft, mit der er das Geschwemmsel wegzuschieben vermag, hängt natürlich von der Konstruktion der Maschine ab. Es empfiehlt sich jedenfalls, den Eisrechen einzusetzen, bevor sich ein geschlossener und sperriger Geschwemmselteppich gebildet hat.

Bild 4 Schwimmbalken vor den Rechen des Kraftwerkes Aarau-Rüchlig; das Treibzeug wird in einen Spülkanal, der ins Unterwasser ausmündet, abgelenkt.

Bild 5 Der Aluminiumschwimmkörper eines Schwimmbalkenelementes des Kraftwerkes Aarau-Rüchlig.

Mit dem Eisrechen wird das Geschwemmsel entweder gegen das Wehr oder zu einer Spülöffnung geschoben. Falls zwischen dem Maschinenhaus und dem Wehr ein vorspringender Trennpfeiler angeordnet ist, erheischt ersteres eine Durchbrechung desselben mit einem Geschwemmselkanal (Eisdurchlass). Dadurch kann allerdings die meist sehr empfindliche Umströmung des Trennpfeilerkopfes gestört werden, so dass es ratsam erscheint, den Geschwemmsel-Kanal nur bei Gebrauch zu öffnen. Wenn dann gleichzeitig eine gewisse Wassermenge über die benachbarte Wehrschütze abgeleitet wird, entsteht im Geschwemmsel-Kanal eine kleine Spülströmung.

Eine erheblich grössere Spülströmung lässt sich natürlich erzeugen, wenn der Geschwemmsel-Kanal nicht an der Oberwasserseite des Wehres, sondern auf der Unterwasserseite desselben oder des Maschinenhauses ausmündet. Er ist dann erheblich länger und weist unter Umständen Krümmungen auf. Um unnötige Spülwasserverluste zu vermeiden, muss seine Eintrittsöffnung bei geringem Geschwemmselanfall durch eine Schütze, am besten eine Klappe, abgeschlossen werden können.

4. Rechenreinigung

Falls das Geschwemmsel nicht vom Rechen ferngehalten oder vor diesem seitlich weggeschafft wird, muss es durch geeignete Geräte gehoben werden.

4.1. RECHENREINIGUNG VON HAND

Bei einigen älteren und kleineren Kraftwerken geschieht die Rechenreinigung noch von Hand. Als Geräte werden stählerne Harken mit etwa 0,5 m Breite verwendet, die an langen Holzstielen oder Stahlrohren befestigt sind. Sie werden vom Rechenboden aus eingetaucht und entlang des Rechens hochgezogen, wobei die Harkenzähne zwischen die Rechenstäbe greifen.

Dieser Handbetrieb ist jedoch lediglich bis zu 5 und 6 m Tiefe möglich und nur bei geringem Geschwemmselanfall erfolgreich. Bei grösserem Anfall gelingt es oft trotz bedeutendem Personaleinsatz nicht, des Geschwemmsels Herr zu werden. Zu beachten ist ferner, dass die Bedienung der Harken auf dem glitschigen und im Winter bisweilen vereisten Rechenboden nicht ungefährlich ist.

4.2. ORTSFESTE RECHENREINIGUNGSANLAGEN

Anstelle des Handbetriebes gelangt bei kleineren Kraftwerken oft eine ortsfeste Rechenreinigungsanlage zum Einsatz. Diese ahmt die Bewegungen des Handbetriebes insofern nach, als sie ebenfalls eine Harke in einem gewissen Abstand vor dem Rechen in die Tiefe führt und dann entlang des Rechens hochzieht. Die Führung geschieht jedoch im allgemeinen durch Schienen, die in den Betonwänden oder -pfeilern der Einläufe eingebettet oder auf den Rechen aufgesetzt sind. Auf diesen laufen seitlich an der Harke befestigte Rollen oder Gleitnocken. Manchmal dient die Führung nur beim Tauchgang, in einigen Fällen aber auch beim Hubgang. Es werden sowohl Antriebe mit Winde, wie solche mit umlaufendem Seil verwendet, wobei die entsprechenden Motoren auf dem Rechenboden oder im Maschinenhaus aufgestellt sein können.

Der Vorteil der ortsfesten Rechenreinigungsanlage liegt in ihrer Einfachheit; sie eignet sich deshalb besonders gut für eine Automatisierung. In einigen Kraftwerken sind Typen im Einsatz, die entweder periodisch oder ab einem bestimmten Rechenverlust (als Mass für die Verstopfung des Rechens) von selbst in Betrieb gehen. Als Nachteil muss hingegen gewertet werden, dass die Harken der ortsfesten Anlagen aus konstruktiven Gründen nur einen beschränkten Bereich bestreichen können. Bei breiteren Rechen müssen daher mehrere Anlagen nebeneinander aufgestellt werden.

4.3. FAHRBARE RECHENREINIGER

In grösseren Kraftwerken wird im allgemeinen eine fahrbare Rechenreinigungsmaschine eingesetzt, wobei aus Reservegründen und für ausserordentlichen Geschwemmsel-

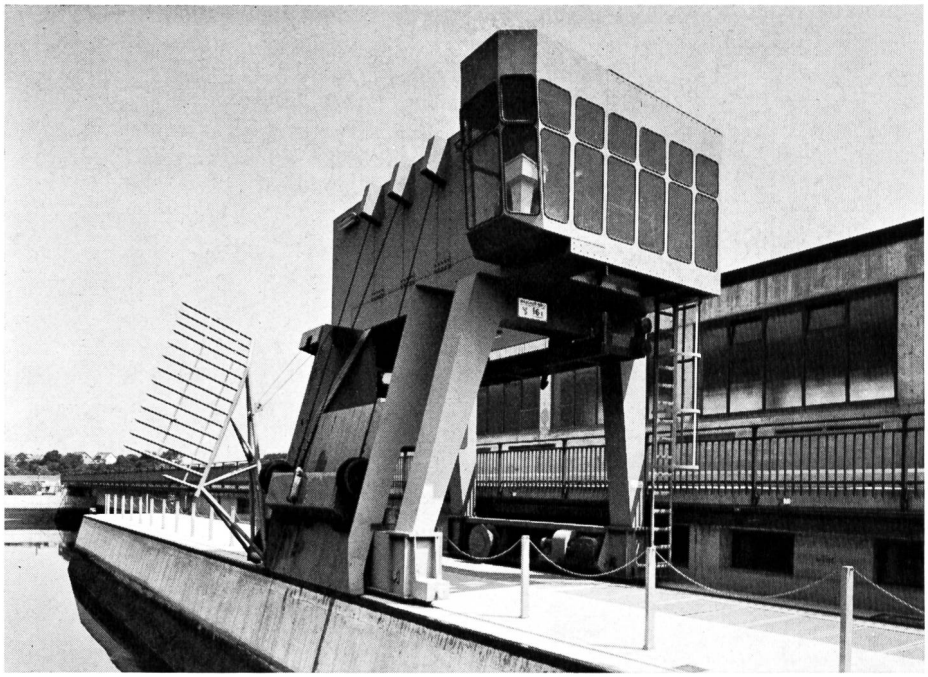


Bild 6
Fahrbare Rechenreinigungsmaschine mit Eisrechen des österreichischen Ennskraftwerkes Garsten.

Bild 7
Ortsfeste Rechenreinigungsmaschine des Kraftwerkes Aarberg, Konstruktion Fäh.

anfall oft eine zweite vorgehalten wird. Ihr Gehäuse auf dem Rechenboden enthält einerseits den Antrieb, mit dessen Hilfe sie sich auf Schienen fortbewegt, und anderseits eine Winde für das Heben und Senken der Harke. Von der ortsfesten Anlage unterscheidet sie sich auch dadurch, dass diese Harke im allgemeinen nicht seitlich geführt wird, sondern sich auf Rollen abstützt, welche unmittelbar auf den Rechenstäben laufen. Sie erhält dadurch das Aussehen eines Wagens und wird dementsprechend auch als Putzwagen bezeichnet. Bei der sogenannten offenen Lösung wird durch einen geeigneten Mechanismus erreicht, dass sich die Zähne der Harke beim Tauchgang genügend weit vom Rechen abheben, um das Geschwemmsel erst beim Hubgang abzustreifen und zu fördern. Bei der geschlossenen Lösung bildet die Harke zusammen mit einer Gegenharke einen Greifer, der das Geschwemmsel beim Tauchgang vom Rechen abstreift und dann fasst.

Die Breite der Harke kann bei der fahrbaren Rechenreinigungsmaschine unabhängig von derjenigen des Rechens gewählt werden. Je grösser sie ist, desto stärker ist die Windwerkkonstruktion zu bemessen, je kleiner, desto öfters muss die Maschine im Betrieb seitlich versetzt werden. Dabei gilt es mitzuberücksichtigen, dass das Gewicht der Harke pro Laufmeter verhältnismässig hoch gehalten werden muss, damit die Harke beim Tauchgang einen allfälligen Geschwemmselteppich zu durchstossen vermag. Heute sind je nach Ausführungsart und Geschwemmselanfall Breiten von 1 bis 4 m üblich.

Die fahrbare Rechenreinigungsmaschine ist naturgemäss komplizierter als die ortsfeste und dementsprechend für eine Automatisierung weniger geeignet. Meist wird sie von 1 bis 2 Mann, welche mitfahren, bedient. Es gibt einige wenige neuere Anlagen, bei denen die Automatisierung nach den gleichen Gesichtspunkten wie bei den ortsfesten Anlagen verwirklicht ist.

4.4. HILFSKRANE

Die Rechenreiniger vermögen mit ihrer Harke im allgemeinen

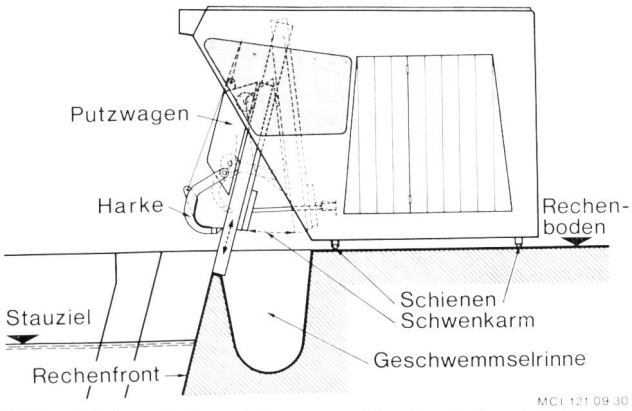


Bild 8 Fahrbare Rechenreinigungsmaschine des Kraftwerkes Flumenthal, Konstruktion Bieri.

nur das kleine Treibzeug zu heben. Für die Bergung des groben Treibzeugs wird deshalb oft ein Hilfskran benötigt, der entweder mit dem Rechenreiniger kombiniert ist oder als unabhängiges Aggregat eingesetzt werden kann. In Frage kommt beispielsweise ein Pneukran, der auch für andere Zwecke (Revisionen der Maschinengruppe, Versetzen der Dammbalken usw.) verwendet wird. Bei Deckelkraftwerken kann es auch der über die ganze Anlage gespannte Portalkran sein.

Der Hilfskran wird zweckmässigerweise mit einem Mehrzangen- oder Mehrschalengreifer (Polyp) ausgerüstet. Sein Ausleger sollte einige Meter über die Rechenfront hinausragen, damit er die sperrigen Stücke fassen kann, ohne dass sie sich im Rechen oder Rechenreiniger verfangen. Unter dieser Voraussetzung lässt sich der Hilfskran dann auch für den Abbau grosser Geschwemmselteppiche wirksam beiziehen.

Bild 9 Pneukran mit hydraulischem Mehrzangengreifer im Einsatz beim Kraftwerk Niederried.

5. Umschlag und Abtransport

Das bei der Rechenreinigung erfasste Geschwemmsel wird zunächst auf den Rechenboden gehoben und muss von dort weggeschafft werden.

5.1. UMSCHLAG AUF DEM RECHENBODEN

Das von Hand oder maschinell geförderte Rechengut wird entweder in eine Mulde oder in die Geschwemmselrinne gestreift. Bei fahrbaren Rechenreinigern wird die Mulde manchmal unter der Umschlagstelle aufgehängt. Häufiger läuft sie jedoch auf einem Rollwagen mit oder wird auf einem Spezialfahrzeug mit eigenem Antrieb nachgeführt. Die volle Mulde wird meist seitlich des Rechenbodens gekippt und entleert; sie kann aber auch auf einen Lastwagen umgeladen und abtransportiert werden.

Die Geschwemmselrinne ist im allgemeinen parallel zur Rechenfront im Rechenboden eingelassen und wird mit Flusswasser gespült. Sie ermöglicht auf einfache Weise ein seitliches Wegschwemmen des Treibzeugs. Da die Aussortierung von Kadavern usw. meist auf dem Rechenboden erfolgt, wird die Spülung erst nach Vornahme derselben vorgenommen. Es wurden auch Lösungen studiert, die Geschwemmselrinne durch ein Förderband zu ersetzen.

5.2. AUFFANGBECKEN

Wenn das Geschwemmsel heute durch Schwimmbalken oder durch Eisrechen in einen Spülkanal gelenkt wird, mündet dieser meist unmittelbar in das Unterwasser des Kraftwerkes; das gleiche gilt auch für die Geschwemmselrinne. Dadurch gelangt das Geschwemmsel, mit Ausnahme der beseitigten Kadaver und der erwähnten Sperrgüter, wieder in den Fluss. Um dies zu vermeiden, kann ein Auffangbecken erstellt werden, in welchem das Geschwemmsel zurückgehalten wird. Bei der Dimensionierung eines solchen Auffangbeckens ist zu berücksichtigen, dass dieses als Puffer zwischen dem unregelmässigen Geschwemmselanfall und dem regelmässigen oder sporadischen Abtransport dienen muss. Seine Grösse würde aber ein untragbares Mass erreichen, wollte man auf Hochwasserspitzen und dementsprechend auf extremen Geschwemmselanfall Rücksicht nehmen; es würde sich vielmehr darum handeln, den n o r m a l e n Anfall sinnvoll zwischenzuspeichern. Aus diesem Grunde müssen der Spülkanal oder die Geschwemmselrinne eine Verzweigung aufweisen, welche das Auffangbecken umgeht (Bypass). Wenn das Auffangbecken voll ist, dient diese Verzweigung nach Betätigung einer entsprechenden «Weiche» als Entlastung in das Unterwasser. Eine andere Möglichkeit besteht darin, im Auffangbecken selbst eine Entlastungsöffnung in Richtung des Unterwassers vorzusehen.

Der normale Auslauf aus dem Auffangbecken kann derart angeordnet sein, dass das Becken vollständig entwässert wird. Dies hat den Vorteil, dass das Geschwemmsel in flauen Zeiten zu trocknen vermag und sich folglich leichter abtransportieren lässt. Von Nachteil ist hingegen die damit unvermeidlich verbundene Geruchbelästigung. Deshalb scheint es angezeigt, den normalen Auslauf so zu gestalten, dass das Becken während der Beschickung mit Wasser gefüllt bleibt. Dadurch lässt sich auch erreichen, dass sich das Geschwemmsel von der Beschickungsstelle aus im ganzen Becken verteilt. Zur Erleichterung des Abtransportes könnte das Becken allenfalls unmittelbar vor dem Räumen mittels eines Grundablasses entleert werden.

5.3. TRANSPORTMULDEN

Falls das auf den Rechenboden gehobene Geschwemmsel in Mulden verladen wird, können diese eventuell seitlich in

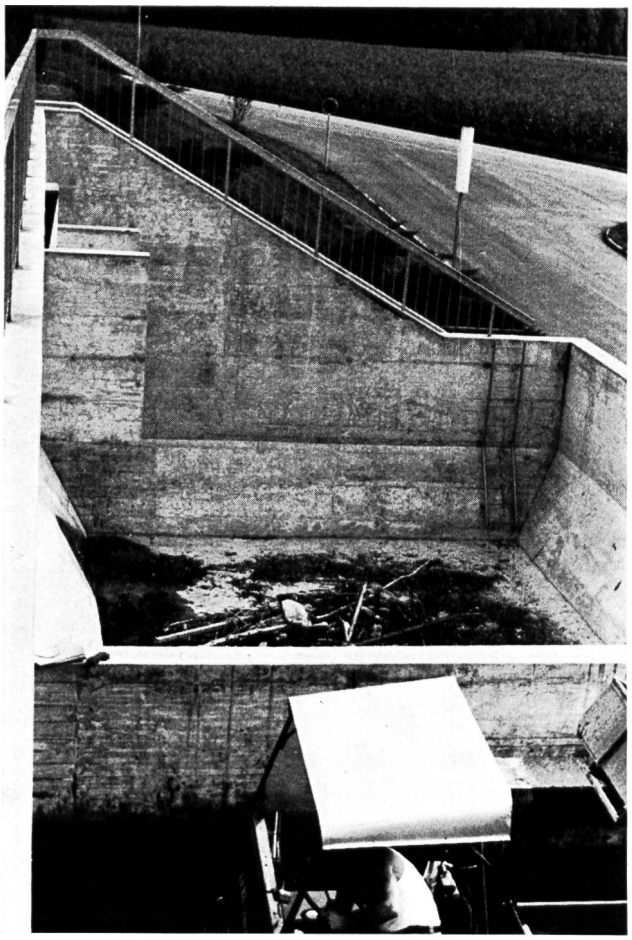


Bild 10 Auffangbecken des Kraftwerkes Aarberg; die Beschickung erfolgt durch die links einmündende Geschwemmselrinne.

ein Auffangbecken verkippt werden. Dort muss dann allerdings das Geschwemmsel ein zweites Mal geborgen und verfrachtet werden. Es scheint deshalb sinnvoller, die Mulden direkt auf Lastwagen wegzuführen. In verschiedenen Kraftwerken werden zu diesem Zweck die bekannten WELAKI-Mulden verwendet. Diese weisen jedoch lediglich einen Nutzinhalt von 5 bis 7 m³ auf und eignen sich folglich nur bei geringem Geschwemmselanfall. Die sich damit aufdrängende Bereitstellung mehrerer Mulden erheischt die Anordnung einer Rangiervorrichtung, etwa mit Rollschemeln, Drehscheiben, Hebebühnen, Kranen usw. Dem Einsatz bedeutend grösserer Mulden steht vorläufig noch der Umstand entgegen, dass nur wenige Transportunternehmungen über die entsprechenden Lastwagen mit Selbstauflade- und Kippausrüstung verfügen. Bei grösseren Kraftwerken liesse sich die Anschaffung eines solchen Speziallastwagens aber unter Umständen rechtfertigen.

Wie Untersuchungen für einen konkreten Fall gezeigt haben, kann mit einem Auffangbecken bei gleichen Jahreskosten ein grösseres Puffervolumen bereitgestellt werden als mit Transportmulden. Dies bedeutet, dass bei der Lösung mit Transportmulden erst recht eine Entlastungsmöglichkeit Richtung Unterwasser vorgesehen werden muss. In Frage kommt ein Verkippen der Mulden in einen Spülkanal oder wehrwärts.

Selbstverständlich müssen die Mulden auch nicht unbedingt auf dem Rechenboden angefüllt werden. Sie können seitlich in einer Grube aufgestellt und mittels einer Geschwemmselrinne beschickt werden. Als Entlastungsmöglichkeit lässt sich dann, wie bei der Lösung mit Auffangbecken, ein Bypass anordnen. Eine Beschickung der Transportmulden mittels eines direkt vom Oberwasser heranführenden Spülkanals kommt wegen des groben und damit schwierig zu verfrachtenden Treibzeugs wohl kaum in Betracht.

Bei den vollen Transportmulden besteht natürlich ebenfalls die Gefahr der Geruchbelästigung, sofern keine Deckel verfügbar sind.

5.4. ZERHACKER

Es wurde bereits einleitend dargelegt, dass das Geschwemmsel die Kraftwerke lediglich in betrieblicher Hinsicht interessiert. Wenn sämtliches Treibzeug die Rechen ungehindert und damit insbesondere die Turbinen ohne schädliche Auswirkungen passieren würde, gäbe es kein Rechengut und folglich keine Umschlags- und Beseitigungsprobleme. Ein solcher Zustand könnte grundsätzlich durch eine geeignete Zerkleinerung der anfallenden Mengen erreicht werden.

Einen Schritt in dieser Richtung gingen beispielsweise die Oesterreichischen Donaukraftwerke, die zwei ihrer Anlagen mit Zerhackern ausrüsteten. Mit deren Hilfe wird das dort gehobene Rechengut derart zerstückelt, dass es, dem Unterwasser übergeben, kaum mehr sichtbar ist und grösstenteils durch die Rechen der Unterlieger schlüpft.

Solche Zerhacker könnten aber auch eingesetzt werden, um das einmal gehobene Rechengut im Hinblick auf die Beseitigung zu zerstückeln. Besonders beim Abtransport durch Mulden wäre eine Zerkleinerung und damit Verdichtung des ungleichmässigen Materials sehr erwünscht. In Frage kämen Aggregate, wie sie bei der Sperrmüllverwer-

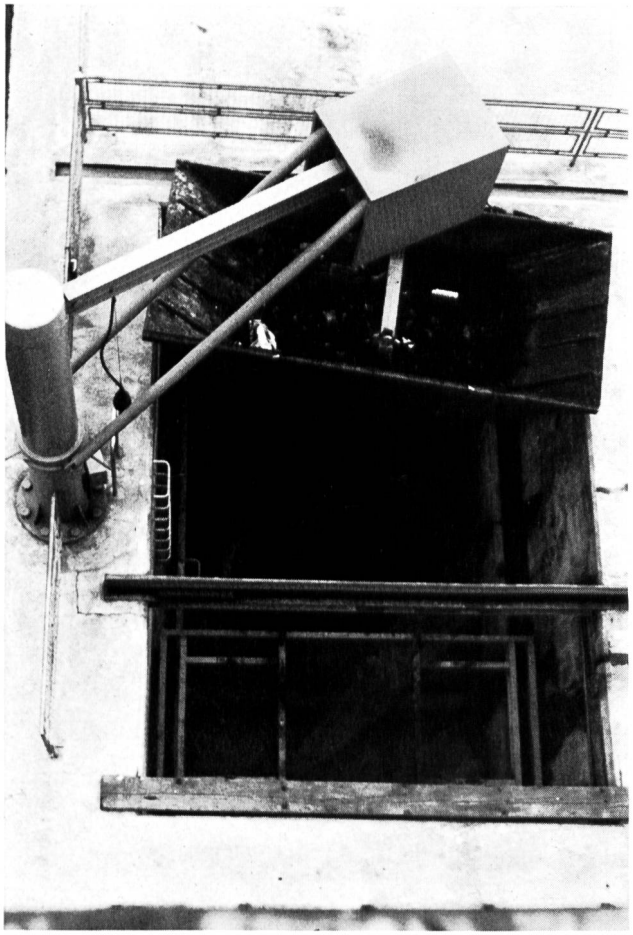


Bild 11 Auffangbecken mit Transportmulden des Kraftwerkes Aue-Baden; die Beschickung erfolgt mittels Verkippung einer unter der fahrbaren Rechenreinigungsmaschine angeordneten Sammelmulde.

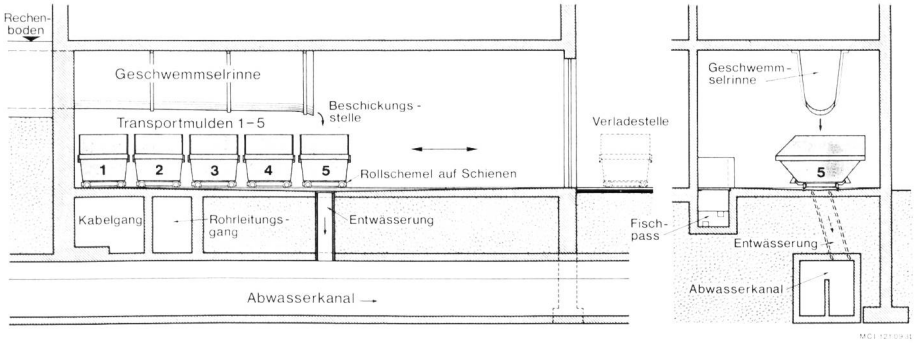


Bild 12
Projektierte Auffang- und Verladeeinrichtung des Kraftwerkes Flumenthal

Bildernachweis
1, 2, 4, 7/12 Photos und Pläne Motor-Columbus Ingenieurunternehmung AG
3 Photo Kraftwerk Klingnau
5 Photo Aluminium AG
6 Photo Waagner-Biro

tung verwendet werden, beispielsweise Prallmühlen, Hammermühlen, Müllscheren, Reissbunker.

Zu erwähnen bleibt noch, dass eine Verdichtung des Rechengutes auch durch Pressen denkbar wäre. Diese Lösung scheint indessen weniger naheliegend, weil sie auf dem Gebiet der Sperrmüllverwertung nicht genügend eingeführt ist.

5.5. UMSCHLAGGERÄTE

Für den Umschlag des Geschwemmsels von einem Auffangbecken auf Lastwagen kommen verschiedene Möglichkeiten in Betracht: Die naheliegendste besteht im Einsatz von mit Greifern ausgerüsteten Lastwagen. Da die entsprechenden Ausleger jedoch verhältnismässig kurz sind, scheint diese Möglichkeit nur für kleine Auffangbecken geeignet. Eine weitere Möglichkeit bietet der Einsatz eines fahrbaren Pneukrans, ausgerüstet mit einem Mehrschalengreifer (Polyp). Dieser Pneukran kann nebenbei auch für andere Zwekke, wie etwa für die Bergung des groben Treibzeugs vor den Rechen, das Versetzen der Dammbalken, usw., verwendet werden. Als dritte Möglichkeit liesse sich auch ein ortsfester Kran denken. Entweder könnte ein Bockkran ein rechteckiges Auffangbecken bestreichen, oder ein Drehkran ein rundes. Im Hinblick auf das Angebot an Standardausführungen scheint eine Lösung mit Bockkran vorteilhafter.

Beim Aufladen der mit Geschwemmsel angefüllten Transportmulden muss darauf geachtet werden, dass sich möglichst keine unnötigen Arbeitsgänge ergeben. Bei den WELAKI-Mulden besteht beispielsweise die Schwierigkeit, dass diese von den zugehörigen Selbstaufladefahrzeugen nur aufgenommen werden können, wenn sie nicht tiefer als 1,10 m unter der Transportebene stehen. Ist diese Voraussetzung nicht erfüllt, müssen beim Umschlag zusätzlich Hebebühnen oder kleine Krane, wie Galgen oder Böcke, eingesetzt werden.

Der Vollständigkeit halber kann noch erwähnt werden, dass beim Aufladen auch ein Förderband gute Dienste leisten könnte, falls das Geschwemmsel zerhackt aufgegeben würde.

6. Beseitigung

Für die Beseitigung des Rechengutes eignen sich grundsätzlich die gleichen Methoden wie für die Sperrmüllverwertung, vorausgesetzt, dass die Kadaver auf dem Rechenboden aussortiert, und, wie dies heute auch tatsächlich geschieht, gesondert behandelt werden. Es sei nur kurz erwähnt, dass die Zwischenlagerung der Kadaver meist in luftdichten Behältern und Plastiksäcken oder in Kühltruhen erfolgt und dass die Beseitigung im wesentlichen gemäss den Grundsätzen des Waserdienstes geschieht.

6.1. DEPONIERUNG

Sperrmüll wird heute meist in Abfallgruben deponiert, wobei die Schüttung entweder ungeregelt oder geordnet erfolgt. Beim zweitgenannten Verfahren wird das herantransportierte Material zerkleinert, in schmalen Schichten verteilt und teilweise unter Beimischung von Lockergestein verdichtet und zugedeckt. Dabei wird unter anderem streng darauf geachtet, dass die natürliche oder künstliche Entwässerung des Haufwerks kein nutzbares Grundwasser verschmutzt.

Ein Gleiches lässt sich natürlich auch mit dem Rechengut bewerkstelligen. Hierfür kommt dort, wo noch die Möglichkeit einer ungeregelten Deponierung besteht, grundsätzlich eine werkeigene Grube in Frage (etwa eine Entnahmestelle für Damm-Material oder für Betonzuschlagstoffe aus der Bauzeit). Bei einer geordneten Deponierung müssen hingegen verhältnismässig kostspielige Geräte eingesetzt werden, so dass sich eher die Benützung einer Gemeinschaftsgrube, beispielsweise einer regionalen Abfallgrube, empfiehlt.

6.2. KOMPOSTIERUNG

Wegen seiner speziellen Zusammensetzung gilt das Geschwemmsel für eine Kompostierung als wenig geeignet. Entsprechende Versuche von Kompostierungswerken mit dem Rechengut aus Kläranlagen scheinen diese Ansicht zu bestätigen. Trotzdem sollte diese Möglichkeit der Beseitigung nicht grundsätzlich ausser acht gelassen werden.

6.3. VERBRENNUNG

Bei einigen Kraftwerken wird das am Rechen gehobene Geschwemmsel in unmittelbarer Nähe am offenen Feuer verbrannt. Um eine genügende Hitzeentwicklung zu gewährleisten, werden allenfalls gut brennbare Materialien, wie Autopneus usw., beigegeben. Die Verbrennungsrückstände werden anschliessend einer Abfallgrube zugeführt. Aus lufthygienischen Gründen ist eine solche Beseitigung jedoch, zumindest in besiedelten Gebieten, problematisch. Eine diesbezüglich bessere Lösung bietet eine kleine, werkeigene Verbrennungsanlage, die jedoch mit dem unregelmässigen Geschwemmselanfall allein kaum vernünftig betrieben werden kann. Deshalb muss eher die Erstellung einer Gemeinschaftsanlage zusammen mit benachbarten Kraftwerken, Industrien und Siedlungen angestrebt werden. Falls in wirtschaftlich erreichbarer Entfernung ein öffentliches Kehrichtverbrennungswerk betrieben wird, empfiehlt sich zweckmässigerweise ein Anschluss an dasselbe. Gerade bei dieser Lösung lassen sich die Transportkosten durch Zerkleinerung und damit Verdichtung des Rechenguts mittels Zerhacker erheblich verringern.

Die Wahl der am wenigsten aufwendigen Geschwemmselbeseitigung kann nur aufgrund von Vergleichsstudien unter Berücksichtigung der örtlichen Gegebenheiten, der technischen Belange sowie der Anlage- und Betriebskosten erfolgen.