

ENTSANDERANLAGEN FÜR WASSERKRAFTWERKE - STAND DER TECHNIK

Seit 2001 haben sich die patentierten Abzugeinrichtungen System HSR bezüglich Sicherheit, Kosten, Effizienz und Betriebstüchtigkeit durchgehend bewährt. Mehr als 53 ausgerüstete Entsanderbecken in der Schweiz, in Österreich und Italien belegen dies nachdrücklich. Das Entsanderabzugssystem HSR ist im Einsatz sowohl für Kleinkraftwerke, grosse Fassungsanlagen als auch für Kiesspülrinnen und weitere spezielle Anwendungen. Auch Erneuerungsprojekte mit ausgewiesenen Effizienzsteigerungen konnten damit realisiert werden.

Die Anforderungen der Betreiber konnten bei Grossanlagen mit extremem Sedimentanfall, bei Kleinanlagen und bei Erneuerungen mit bestehenden Strukturen erfolgreich erfüllt werden. Dabei zeigten sich verschiedene Vorteile, wie sehr geringes Verschleissausmass auch bei grossen Belastungen, geringe Instandhaltungsaufwendungen bei hoher Zuverlässigkeit im Betrieb, wesentlich verbesserte Sicherheit durch geringere Schwallbildung im Vorfluter, sichere Beherrschung des Spülprozesses und hohe Akzeptanz bei Bewilligungs-Behörden durch Minimierung der Umweltbelastungen.

Vollautomatische Anlagen mit Fernsteuerung und Überwachung sind für unzugängliche Anlagen, zur Minimierung der Personalkosten und zur Erfüllung von

ANFORDERUNGEN AN KRAFTWERKSAUSRÜSTUNGEN

Moderne Kraftwerksausrüstungen müssen:

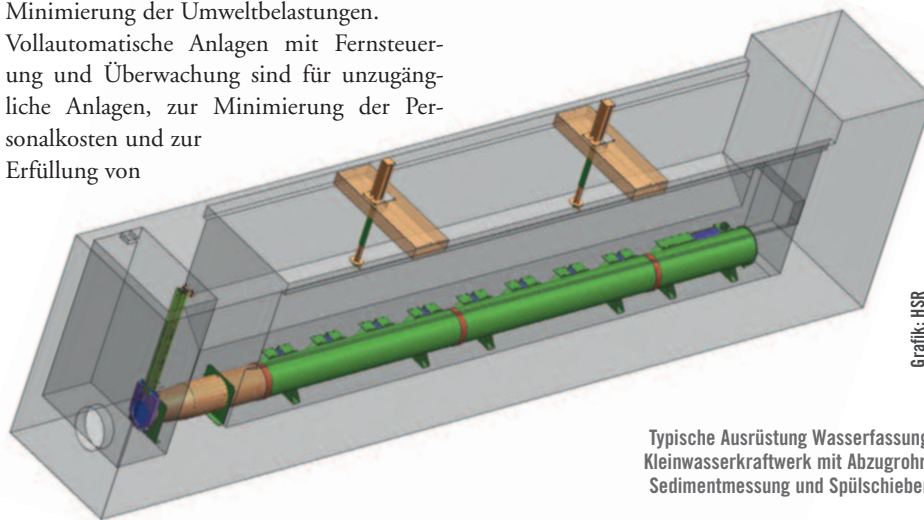
marktgerecht	→	kundengerecht
sicher	→	konform, den Anforderungen entsprechend
betriebstüchtig	→	zuverlässig, verfügbar und instandhaltbar

sein. Damit werden die Ansprüche des Bauherrn, die gesetzlichen Anforderungen der Produktsicherheit und der Arbeitssicherheit sowie der Betriebstüchtigkeit erfüllt. Mit geringen Investitionskosten, einer hohen

Effizienz und tiefen Betriebs- und Instandhaltungsaufwendungen werden optimale Lifecycle - Kosten erreicht.

ANFORDERUNGEN AN ENTSANDERANLAGEN UND ENTSANDERAUSRÜSTUNGEN

Entsanderanlagen sollen einen möglichst hohen Anteil an Sedimenten aus dem Betriebswasser abziehen. In Spülrinnen und Entkiesern können die Sedimente sehr grobkörnig sein. In den Entsanderbecken müssen zusätzlich sehr feine Sedimentanteile ausgeschieden werden. Dies geschieht heute praktisch ausschliesslich in Langsandfängen, die oberirdisch entlang dem Vorfluter mit Spülung in Richtung der Durchströmung angeordnet werden oder unterirdisch in ausgebrochenen Felskavernen mit Spülung entgegen der Fassungsrichtung eingebaut werden. In beiden Fällen führt ein kleiner Entsanderquerschnitt mit hoch liegender Achse des Spülkanals zu tiefen Baukosten. Der Sedimentationsquerschnitt ist wasserbaulich vorgegeben. Mit einer effizienten Abzuganlage kann der Ablagerungsquerschnitt verkleinert werden und das Spülrohr sehr hoch platziert werden. Zusammen mit einfachen Beckenformen können erhebliche Einsparungen in den Baukosten erzielt werden und eine Realisierung bei gewissen Projekten erst ermöglicht werden.



Grafik: HSR

Typische Ausrüstung Wasserfassung Kleinwasserkraftwerk mit Abzugrohr, Sedimentmessung und Spülschieber

Sicherheits- und Umweltauflagen zuverlässig lösbar. Mit dem Entsanderabzugssystem HSR ist ein Produkt verfügbar, das den extremen Verschleissanforderungen in Gebirgsbachfassungen standhält und bezüglich wirtschaftlicher Betriebsführung und minimierten Instandhaltungskosten die heutigen Anforderungen der Betreiber erfüllen kann.

Grossprojekte in Österreich:

Wasserfassung Kraftwerk Stanzertal:

- 3 Sediment-Abzugrohre DN 600 x 44m,
- 3 x 2 Sedimentmesseinrichtungen

Kraftwerk Tumpen-Habichen:

- 6 Sediment-Abzugrohre DN 600 x 42.5m
- Entsander
- 1 Sediment-Abzugrohr DN 600 x 60m
- Kiesspülrinne

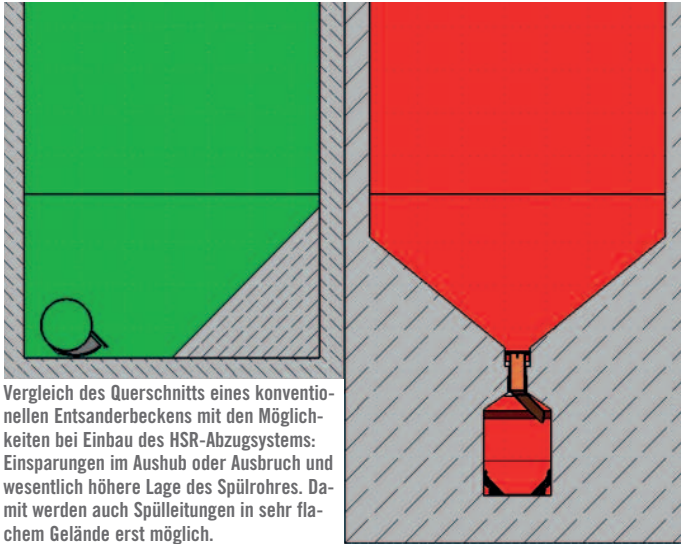


Grossanlage Wasserfassung Titer mit extrem grossem Anfall an abrasiven Sedimenten. Hier konnte die Schwallbildung durch Spülungen auf ein sicheres Mass verringert werden.

11/12/2008 11:31

Foto: HSR

Grafik: HSR



Vergleich des Querschnitts eines konventionellen Entsanderbeckens mit den Möglichkeiten bei Einbau des HSR-Abzugssystems: Einsparungen im Aushub oder Ausbruch und wesentlich höhere Lage des Spülrohres. Damit werden auch Spülleitungen in sehr flachem Gelände erst möglich.

Aus Gründen des Umweltschutzes und der Sicherheit muss der Vorfluter sorgfältig und kontrolliert beschickt werden können. Minimale Spülwassermengen mit kontrollierter Sedimentkonzentration kombiniert mit einer flexiblen und anpassbaren Fern- und Vorort-Steuerung mit Automatik müssen heute realisiert werden können. Betriebsregime, wie Verzicht auf Spülungen bei Tag, oder zur schonenden, biologischen Beschickung des Vorfluters müssen möglich sein. Die moderne Betriebsführung will eine operative Instandhaltung mit der Möglichkeit von Austauschinzandsetzung realisieren. Elektrotechnische Ausrüstungen sollen ohne Betriebsunterbrüche mit minimalem Aufwand und Kosten gewartet und inandgesetzt werden können. Inspektionen und Reinigungsarbeiten müssen effizient und mit den heutigen Ansprüchen an die Arbeitssicherheit ausgeführt werden können. Bewegliche elektrische, hydraulische oder mechanische Komponenten in Entsanderbecken mit sedimenthaltigem Wasser erfüllen die heutigen Ansprüche an Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit, Instandhaltung und Sicherheit nicht mehr. Für die Spülschützen sind spezielle Vorkehrungen notwendig.

PATENTIERTE SEDIMENTABZÜGE SYSTEM HSR

Die Sedimentabzüge System HSR wurden als fabrikationsgerechte Schweisskonstruktion entwickelt und in aufwändigen hydraulischen Modellversuchen optimiert. Entsprechend der Dimensionierung wird der Durchmesser gewählt. In der Praxis werden meist Abzugvorrichtungen mit Durchmesser 600mm gewählt. Standardlösungen für grosse Entsander sind mit Durchmesser 800mm und kleine Ausführungen mit Durchmesser 400mm standardisiert worden.



Effizienter Sedimentabzug mit kostengünstigem Bauwerk und sicherem Inspektionszugang.

Foto: HSR

Aufgrund der Modellversuche kann die Spülwassermenge im Vergleich mit einem konventionellen Längsspülkanal auf weniger als 20% reduziert werden. Damit kann in den meisten Vorflutermorphologien auf das Warnwasser verzichtet werden. Die resultierende Spülwasser-Einsparung kann damit über 90% betragen.

Die Abzugrohre können ohne Effizienzeinbuße seitlich in einem Entsanderbecken mit rechteckigem Querschnitt platziert werden. Damit erhalten Sie eine einfache, kostengünstige Entsanderkammer mit grossem Volumen bei minimalem Ausbruchquerschnitt, respektive hoher Einbauhöhe mit reduzierter Aushubtiefe. In den Ecken über dem Spülrohr und gegenüberliegend bilden sich entsprechend dem Schüttwinkel bleibende schräge Sedimentdepots. Beim Spülen und Entleeren werden diese nicht komplett ausgetragen. Für die laufende Evakuierung der Sedimente ist dies aber nicht von Bedeutung. Als optimale, saubere Lösung kann gegenüber dem Abzugrohr eine Schräge von ca. 45° betonierte werden.

Für Reinigungsarbeiten ist ein Ausbaurohr in den Abzügen vorgesehen. Die Abzugrohre sind einfach und kostengünstig zu unterhalten. Reparaturen oder ein Auswechseln sind einfach und ohne grossen Aufwand möglich. Die Sedimentabzüge erlauben die Gestaltung der Sedimentbecken so, dass sie sicher begangen und Wartungsarbeiten ohne Gefährdungen durchgeführt werden können.

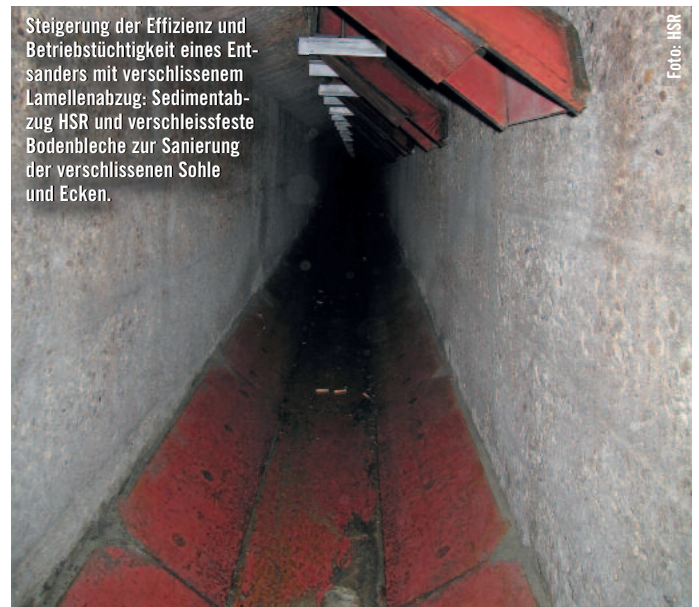
Die Abzugvorrichtung besteht aus folgenden Teilen:

- Stahlrohr(konus) direkt in die Baukonstruktion versetzt als Anschluss des Spülrohres
- Ausbaurohr für gute Instandhaltungsmöglichkeiten
- Modular aufgebaute Spülrohre mit regelmässig angeordneten Spülkästen
- Einstellbare Deckel zum Einstellen der Spülöffnungen

Bei Erneuerungen werden mit minimalen Anpassarbeiten Spülkästen und Abdeckbleche in den Spülschlitz eingebaut. Die Konstruktion ist so konzipiert, dass die Montage in den knappen Spülkanälen problemlos durchgeführt werden können.

Das Spülrohr und die Spülkästen sind so ausgebildet, dass folgende Funktionen ausgelöst werden:

- Mit dem Öffnen des Spülorgans wird der Spülvorgang ausgelöst
- Mit einem hydraulischen Schalteffekt wird der Abzugvorgang ausgelöst
- Die gezielt aufgebaute Wirbelströmung erlaubt, die Schleppgeschwindigkeit ohne zusätzlich Verluste zu erhöhen.
- Das Spülorgan kann von der Anwurföffnung auf die Spülöffnung zugesteuert werden und wird nach erfolgter Spülung geschlossen.



Steigerung der Effizienz und Betriebstüchtigkeit eines Entsanders mit verschlissenen Lamellenabzug: Sedimentabzug HSR und verschleissfeste Bodenbleche zur Sanierung der verschlissenen Sohle und Ecken.

Foto: HSR

Es werden 2 Spülabläufe unterschieden:

- Spülvorgang während des Betriebs (automatischer Betrieb ist möglich): Durchgehender Fassungsbetrieb; Feststoffabzug mit optimalem Wirkungsgrad, d.h. mit minimaler Spülwassermenge.

Zur vollen Ausnützung der Möglichkeiten des Sedimentabzuges ist ein Spülschieber mit entsprechend hohen Stellgeschwindigkeiten nötig.

- Entleerungsvorgang (dieser Betrieb ist ferngesteuert möglich).

Vollständiger Abzug aller Feststoffablagerungen (entsprechend der Form des Absetzbeckens) Dieser Spülvorgang wird bei ausser Betrieb gesetzter Fassung eingesetzt zum Entleeren des Absetzbeckens, zum weiterreichenden Verteilen der Feststoffe im Vorfluter und für Revisionen. Bei Entsandern mit Betondecke ist eine genügend grosse Revisionsöffnung für die Montage und Instandhaltung unbedingt zu empfehlen. Das gilt auch für Montagehilfsmittel an der Entsanderdecke. Die Öffnung soll die Montage der Spülrohre ermöglichen.

Sedimentabzüge System HSR können auch in Entkiesern, Kiesspülkanälen, Geschiebesammlern, Ausgleichsbecken und Kühlwasserbecken eingebaut werden. Die Korngrösse darf dabei Bahnschotter erreichen und bei genügender Wasserüberdeckung sogar überschreiten.

SPÜLSCHIEBER

Gute Erfahrungen liegen mit kostengünstigen Plattenschiebern in rostfreier Ausführung mit selbstreinigenden Führungsnuten und abgedeckten Dichtungen vor. Im Sinne der Austauschinstandsetzung lassen sich damit die günstigsten Lifecycle - Kosten realisieren. Bei extremen Beanspruchungen können Hochleistungsspülschieber mit selbstreinigenden Führungsnuten und rostfreien, geschützten Dichtungsflächen eingesetzt werden. Der Antrieb erfolgt vorteilhaft mit unempfindlichen, hydraulischen Antrieben.

SEDIMENTMESSUNG

Grenzstand-Vibrationssonden erfüllen die heutigen Anforderungen der Instandhaltung zu sehr günstigen Kosten. Unterwasserinstallationen entfallen vollständig. Die Mess-Sonden können in vollem Betrieb ohne Absenkung gewartet und ausgewechselt werden. Zugangsschächte zu den Sedimentmesseinrichtungen sind sehr zu empfehlen.

BERUHIGUNGSRECHEN

Sedimentationsbecken reagieren sehr empfindlich auf die Zuströmverhältnisse. Beruhigungsrechen werden als Lösung deshalb meist am Ende des schrägen Einlaufkonus eingebaut. Die Komponenten können beim raschen Füllen oder bei Schlagwetter beschädigt werden.

Die Einzelteile müssen leicht und einfach auswechselbar sein. Mit modernen Fertigungsmethoden können sie trotzdem stabil und kosten-

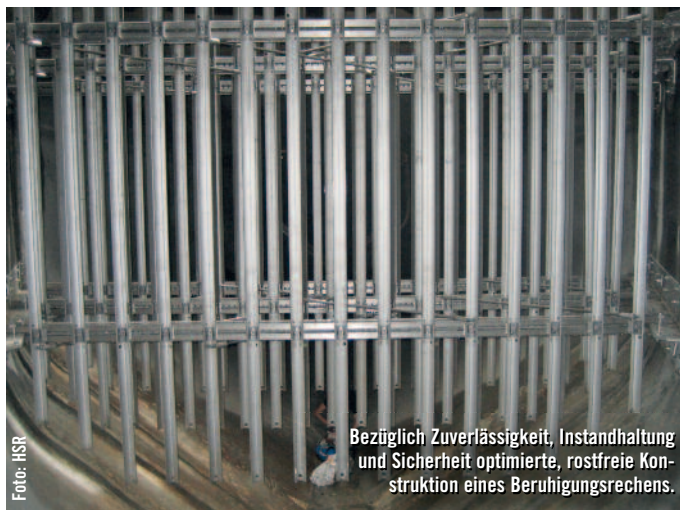


Foto: HSR

Bezüglich Zuverlässigkeit, Instandhaltung und Sicherheit optimierte, rostfreie Konstruktion eines Beruhigungsrechens.



Foto: HSR

Moderne, kostengünstige Sediment-Messeinrichtung.

günstig in rostfreiem Stahl ausgeführt werden. Die aktuellen Anforderungen der Produktesicherheit und Arbeitssicherheit können so erfüllt werden.

DOTIEREINRICHTUNGEN

Der konstante Wasserspiegel und das bei richtiger Platzierung sedimentarme Wasser erlauben sehr genaue und nachvollziehbare Dotier-einrichtungen des Vorfluters. Jahreszeitlich unterschiedliche Dotiermengen sind einfach möglich. Eine Kompensation der Spülwasser-verluste ist mit entsprechendem Aufwand machbar. Separate Dotier-einrichtungen sind günstiger zu realisieren und erlauben einen eindeutigen Nachweis der exakten Dotierwassermenge als die direkte Dotierung über die Sedimentabzugvorrichtung.

ZUSATZAUSRÜSTUNGEN

Abstiege und Zugangsmöglichkeiten erlauben sichere Wartungsarbeiten und Inspektionsmöglichkeiten. Revisionsöffnungen, fest installierte Hubmittel und entsprechende Gestaltung der Entsanderbecken und Sedimentabzüge gewährleistet die Sicherheit bei Instandhaltungsarbeiten.

Weiterführende Literatur:

- Bernhard Truffer, Martin Küttel, Jürg Meier: „Wasserfassung Titer der GKW – Entsanderabzüge System HSR in grossen Entsanderanlagen“, Wasser Energie Luft 2009 Heft 3, CH5401 Baden
- Prof. Dr. Robert Boes „Wasserbau Fassungen“; Professur für Wasserbau ETH Zürich
- Christoph Ortman: „Entsander von Wasserkraftanlagen“; Dissertation 2006, VAW ETH Zürich
- Heinz Patt, Peter Gonsowski: „Wasserbau“ 7. Auflage 2011, Springer-Verlag Berlin Heidelberg

Autor:

Prof. Jürg Meier, Dipl. Masch. Ing. ETH,
Institut für Anlagen- und Sicherheitstechnik SITEC,
HSR Hochschule für Technik Rapperswil
Oberseestrasse 10, CH 8640 Rapperswil
www.sitec.hsr.ch