

WASSERKRAFT: DIE SUCHE NACH DEM BESTEN RECHEN

Um Beschädigungen an Turbinen möglichst gering zu halten, wird das Wasser vor der Verwendung in Wasserkraftwerken von Geröll, Kies und Sand gereinigt. Hierzu werden in jüngerer Zeit auch sogenannte Coanda-Rechen eingesetzt. Diese stellen eine gute Alternative zu den herkömmlichen Fallrechen (Tirolerwehren) mit Sandfang dar, stellt ein Forscherteam der Hochschule für Technik und Wirtschaft (HTW) in Chur nun fest. Allerdings lösen die Rechen die Versprechen der Hersteller nicht in allen Punkten ein.



Bauingenieur Franco Schlegel, Dozent am Institut für Bauen im alpinen Raum (IBAR) der HTW Chur, bei der Eingabe einer vorgefertigten Gesschiebemischung in den Mühlbach (Oberschan/SG) vor dem Coanda-Rechen. In der Wanne unterhalb des Coanda-Rechens werden die Teile der Mischung aufgefangen, die nicht durch den Rechen gedrungen sind. Foto: HTW Chur



Der erste Coanda-Rechen der Schweiz kam 1998 am Rappierbach in der Gemeinde Hinterrhein (GR) zum Einsatz. Der Stababstand des einen Meter breiten Rechens beträgt 1 mm, die Schluckfähigkeit 140 l/s. Auf dem Bild liegt der Coanda-Rechen unterhalb des Schutzrostes versteckt. Der Rost dient dazu, bei Hochwasser grosse Steine vom Coanda-Rechen fernzuhalten. Foto: HTW Chur

In Hochdruckwasserkraftwerken erreicht das Wasser eine hohe Geschwindigkeit, bevor es mit Wucht auf die Schaufeln der Turbinenräder trifft. In dieser Situation führen Fremdkörper im Wasser zu Schäden an den Turbinen. Selbst Sandkörner entwickeln unter hohem Druck eine Kraft, die an Turbinenschaufeln bleibende Spuren hinterlassen. «Das ist, als würden Sie mit einer Sandkanone auf die Turbine schießen», sagt Prof. Dr. Imad Lifa, Leiter des Instituts für Bauen im alpinen Raum (IBAR) an der Hochschule für Technik und Wirtschaft HTW Chur. Abrasionsschäden an den aus Edelstahl gefertigten Turbinen sind unvermeidbar. Mitunter helfen spezielle Beschichtungen oder Legierungen, die Abnutzung der Turbinen und damit deren Ersatz möglichst lange hinauszuzögern.

Vor diesem Hintergrund versteht es sich von selbst, dass Betreiber von Wasserkraftwerken alles daran setzen, das Wasser an den Fassungen gründlich von Kies und Sand zu reinigen. Stammt das Wasser aus Stauseen, gelingt das relativ einfach, da sich Fremdkörper im See absetzen und die Wasserfassung erst gar nicht erreichen. Ungünstiger ist die Ausgangslage, wenn das Wasser direkt aus einem Fluss entnommen wird. In diesem Fall wird das Wasser in einem ersten Schritt durch einen Fallrechen von Gestein und Geröll gereinigt. Das grob gereinigte Wasser strömt anschliessend in ein Absetzbecken, das als Sandfang bezeichnet wird. Hier setzen sich Kies und

Sand ab, bevor das Wasser durch den Druckstollen bzw. das Druckrohr auf die Turbinen strömt.

Coanda-Rechen erfasst auch Feinteile

Fallrechen sind durchlässig für Sand, Kies und selbst für kleinere Steine, denn der Stababstand beträgt typischerweise 3 bis 10 cm. Somit stellt sich die Frage, ob sich das Flusswasser durch einen feineren Rechen nicht so reinigen liesse, dass auch Kies und Sand entfernt werden und auf den zweiten Reinigungsschritt – das Absetzbecken – verzichtet werden könnte. Genau dies ist die Idee des Coanda-Rechens. Hier



Nahaufnahme eines Coanda-Rechens: Die horizontalen Metallstäbe wirken wie Rasierklingen, die das Wasser schichtenweise abscheren. Foto: HTW Chur

beträgt der Stababstand nur 0,2 bis 3 mm, womit er auch kleinste Partikel aus dem Wasser entfernt (vgl. Textbox unten). Der erste Coanda-Rechen kam in der Schweiz 1998 am Rappierbach in der Bündner Gemeinde Hinterrhein zur Anwendung. Seither wurden in der Schweiz an 50 Wasserfassungen Coanda-Rechen eingebaut. Die Betreiber der Kraftwerke konnten sich dank des neuartigen Rechens die Kosten für die Entsandungsanlage (Absetzbecken) sparen und damit die baulichen Eingriffe in die Natur vermindern.

Coanda-Rechen erfreuen sich in Österreich und in Südtirol unterdessen grosser Beliebtheit. In der Schweiz werden sie dagegen eher zögerlich eingesetzt, weil manche Wasserbauingenieure der noch relativ jungen Anlage nicht recht trauen (Furcht vor Verstopfung durch Sand und Eis; Angst vor schnellem Verschleiss). Ein Forscherteam der HTW um Imad Lifa hat sich das Ziel gesetzt, wissenschaftlich tragfähige Grundlagen rund um den Coanda-Rechen bereitzustellen. In den letzten

zwei Jahren führten sie eine Studie durch, die vom Bundesamt für Energie finanziell unterstützt wurde. Darin werteten die Autoren die Erfahrungen von 22 Anlagen mit Coanda-Rechen in der Schweiz, Österreich (Vorarlberg, Tirol), Deutschland (Bayern) und Italien (Südtirol) aus. Teil der Studie waren zwei Feldversuche am Mühlbach in Oberschan (SG) und an der Samina in Frastanz (Vorarlberg). Beide Feldversuche dienten der Klärung der Frage, in welchem Mass Coanda-Rechen Sand und Steine unterschiedlicher Grösse aus dem Wasser entfernen. Im ersten Fall geschah dies mittels Siebanalyse, im zweiten Fall – während eines Hochwassers – mittels Laserdiffraktometrie.

Abweisungsgrad liegt unter den Herstellerangaben

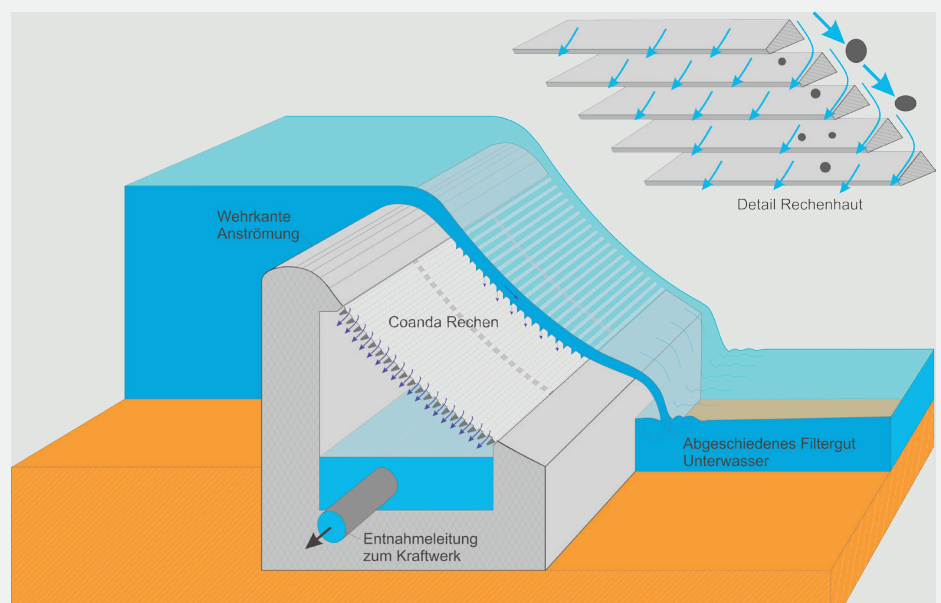
Auf der Basis der Untersuchung zieht Prof. Dr. Imad Lifa grundsätzlich eine positive Bilanz: «Coanda-Rechen entfernen Feinstoffe genügend stark aus dem Wasser, damit man

SO FUNKTIONIERT DER COANDA-EFFEKT

Wenn Hochdruckwasserkraftwerke in den Alpen Wasser aus Flüssen entnehmen, kommen heute in der Regel Fallrechen (auch: «Tirolerwehre») zum Einsatz: Das ist ein Stahlrost, dessen Stäbe 3 bis 10 cm Abstand haben und üblicherweise in Flussrichtung verlaufen. Tirolerwehre halten Steine und Geröll (> 6,3 cm Durchmesser) zurück, nicht aber Kies (2 mm – 6,3 cm Durchmesser) und Sand (< 2 mm Durchmesser). Auch Treibgut wie Äste und Blätter werden durch ein Tirolerwehr mitunter nicht abgehalten.

Viel höher ist die Reinigungswirkung des Coanda-Rechens, denn hier ist der Stababstand bis zu 100 Mal kleiner als beim Tirolerwehr (0,2 – 3 mm). Die Stäbe verlaufen quer zur Strömung, und sie bilden eine abfallende Krümmung. Diese Krümmung ist so gewählt, dass sich das darüber fliessende Wasser daran anhaftet. Von jedem Stab wird eine dünne Wasserschicht abgeschernt (wie die Klingen eines Mehrklingenrasierers). Das Anhaften des Wassers verdankt sich dem Coanda-Effekt, der auf den rumänischen Physiker Henri Marie Coanda (1886 - 1972) zurückgeht.

Coanda-Rechen sind geeignet für Mittel- und Hochdruckkraftwerke, nicht aber für Niederdruckkraftwerke (Fallhöhe des Wassers weniger als 15 m). Der Coanda-Rechen bringt nämlich je nach Typ einen Verlust an Fallhöhe von 0.7 bis 2.2 m mit sich, daher ist sein Einsatz hier unwirtschaftlich. BV



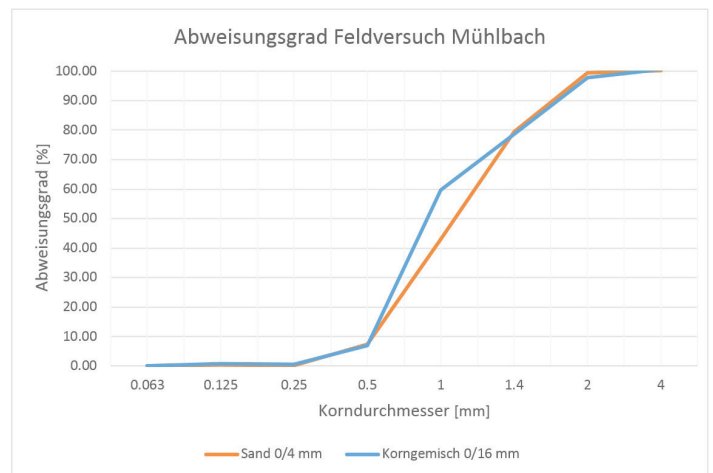
bestensfalls auf den Bau eines Absetzbeckens verzichten kann», fasst der HTW-Forscher eines der Hauptergebnisse zusammen, der sein Studium in Dresden und Damaskus absolvierte und sich unter anderem auf Wasserbau spezialisierte. Coanda-Rechen seien überdies günstiger und schneller gebaut, verlangten weniger Wartung und würden sich für Orte empfehlen, an denen kein Platz für ein Absetzbecken sei.

Allerdings ist der Abweisungsgrad von Sandkörnern weniger hoch als von den Rechen-Herstellern angegeben. Die Hersteller versprechen nämlich, dass die Rechen nicht nur Feststoffe abhalten, die grösser sind als der Stababstand, sondern auch einen erheblichen Teil von kleineren Feststoffen. So heisst es, ein Coanda-Rechen mit einem Stababstand von 1 mm weise auch bei den Sandkörnern von 0,5 bis 1 mm Grösse noch 90% ab. Bei den Feldversuchen der HTW-Forscher betrug der Abweisungsgrad aber lediglich 43% bzw. 60%, abhängig von der beim Test eingesetzten Kornmischung.

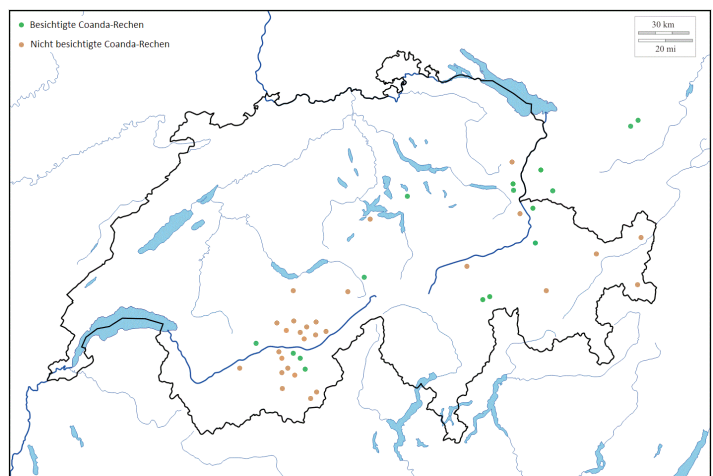
„Beträchtliches Entwicklungspotenzial“

Nach Auskunft der beteiligten Wissenschaftler haben Coanda-Rechen gegenüber den herkömmlichen Fallrechen zusätzliche Besonderheiten. So ist der Rechen selbstreinigend, Geschiebe und Sand werden einfach weitergeleitet, während ein herkömmlicher Sandfang in regelmässigen Abständen entleert und gespült werden muss. Das System ist insofern fischfreundlich, als der Fischabstieg (nicht aber der Fischaufstieg) über den Coanda-Rechen möglich ist. Hierzu ist aber zu beachten, dass die betroffenen Bäche und Flüsse teilweise keinen Fischbestand haben. Die Betriebskosten sind gering, allerdings unterliegen Coanda-Rechen einem recht hohen Verschleiss; eine entsprechende Wirtschaftlichkeitsrechnung haben die Churer Forscher nicht vorgenommen. Bei der Schluckfähigkeit ist der Coanda-Rechen (50 bis 250 l/s pro Meter Rechenbreite) dem Tirolerwehr (bis zu 2'000 l/s pro Meter) deutlich unterlegen. Coanda-Rechen können derzeit mit den praktisch realisierbaren Baubreiten maximal 4 m³/s bewältigen. Bei der Schluckfähigkeit habe der Coanda-Rechen «vermutlich noch ein beträchtliches technologisches Entwicklungspotenzial», schreiben die HTW-Forscher in ihrem Abschlussbericht.

Um neue Anstösse zu geben, wollen die Wissenschaftler um Prof. Lifa ihre Forschung rund um den Coanda-Rechen in einem Folgeprojekt fortsetzen. Herzstück des neuen Vorhabens wäre ein Versuchsstand, mit dem unter anderem die



Bei dem Feldversuch am Mühlbach in Oberschan (SG) haben die HTW-Forscher zwei verschiedene, jeweils 20 kg schwere Sandmischungen in den Bach geschüttet und dann gemessen, welcher Anteil vom Coanda-Rechen (Stababstand 1 mm) abgehalten wird. Die erste Mischung bestand aus Sand und Kies von maximal 4 mm Durchmesser (blaue Kurve), die zweite Mischung aus Sand, Kies und Steinen von maximal 16 mm Durchmesser (orange Kurve). Die Grafik zeigt, dass Sandkörner von weniger als 0,5 mm Durchmesser den Rechen weitgehend passierten, die grösseren Teile dann aber mehr und mehr von Rechen abgehalten wurden. Bei der Darstellung handelt es sich um die Mittelwerte von jeweils vier Proben beider Mischungen. Eigentlich würde man erwarten, dass alle Steine > 1 mm Durchmesser vom Rechen abgehalten werden, da sie zu gross sind, den Rechen zu durchqueren. Dass dies in der Grafik nicht der Fall ist, erklärt wie Imad Lifa folgt: «Dass die Linie bei Korngrösse 1 mm nicht auf 100% steigt, ist mit dem Versuchskonzept zu erklären. Einige Partikel wurden vom Rechen abgewiesen, sind aber nicht in der Auffangwanne gelandet, da sie zu weit oder seitlich abprallten. Da wir den Rechendurchgang mit einer Differenzrechnung aus dem unten aufgefangenen Material ermittelten, werden diese Partikel als durch den Rechen gelangt angesehen. Bei einem Versuch im Labor, wo alle Partikel aufgefangen werden können, würde die Linie auf 100% steigen.» Grafik: HTW Chur



In der Schweiz kommen unterdessen rund 50 Coanda-Rechen zum Einsatz. Einen Teil von ihnen (grün) haben die Churer Forscher in ihr Projekt mit einbezogen. Grafik: HTW Chur

Frage geklärt werden könnte, ob Coanda-Rechen tatsächlich weniger stark vereisen als herkömmliche Fallrechen, wie das gelegentlich vermutet wird. Auch soll die Geometrie der Rechen (z.B. Spaltweiten, Höhen) erforscht werden, um eine Optimierung bei Herstellung und Nutzung der Rechen zu ermöglichen.

- **Auskünfte** erteilt Dr.-Ing. Klaus Jorde (klaus.jorde[at]kjconsult.net), Leiter des BFE-Forschungsprogramms Wasserkraft. Bei ihm kann auch der Schlussbericht zum Projekt angefordert werden.
- Weitere **Fachbeiträge** über Forschungs-, Pilot-, Demonstrations- und Leuchtturmprojekte im Bereich Wasserkraft finden Sie unter www.bfe.admin.ch/CT/hydro.