

Zeitschrift: Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria
Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband
Band: 115 (2023)
Heft: 3

Werbung

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

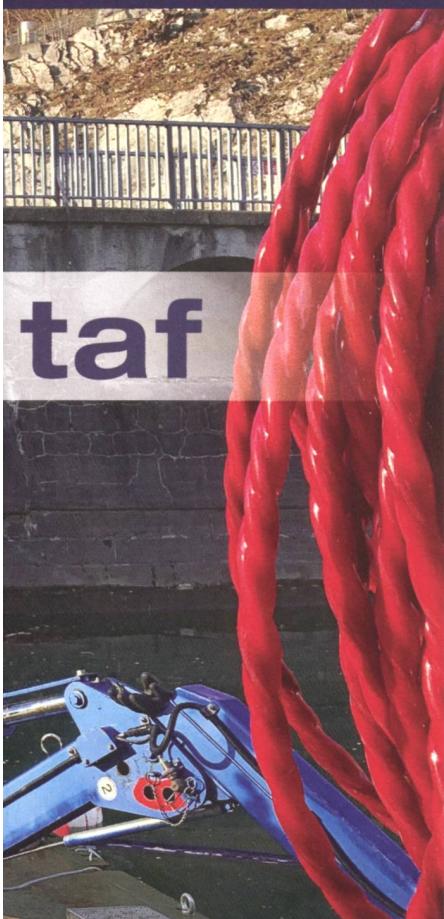
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 18.02.2026

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



Entschlammungen

Mit unserer langjährigen Erfahrung und Topmoderner Ausstattung garantieren wir eine erfolgreiche und termingerechte Durchführung Ihres Entschlammungsprojektes. Keine Umweltbeeinträchtigung: Der Prozess findet in einem geschlossenen System mit permanenter automatischer Überwachung statt.



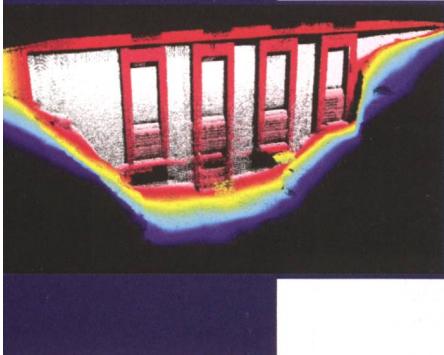
Unterwasser-Inspektionssystem ROV

Das System besteht aus einem ROV (Remotely Operated Vehicle) mit integriertem 360° Sonar. Die Kabellänge beträgt 2000m und die maximale Einsatztiefe 300m. Der ROV ist handlich und leicht und eignet sich dadurch auch für den Einsatz auf kleineren Booten sowie in schwer zugänglichen Gewässern (z.B. Bergseen). Er verfügt über einen Greifer mit Öffnen/Schließen sowie 360° Drehung und weist einen zusätzlichen 24V Stromausgang für optionale Geräte auf. Inspektionen von Leitungen (innen und aussen) 200 – 2000 mm Durchmesser gehören auch zu unserem Einsatzgebiet.



Multibeam – Hydrographie – Fächerecholotung

Unser Multibeam System ist überall dort im Einsatz, wo Gewässerböden, Brücken, Spundwände, etc. flächenhaft und mit grossen Punktdichten aufgenommen werden sollen. Genaue Geländeaufzeichnungen sind für viele Bereiche essentiell wie z.B. für die Umwelt (Hochwasserschutz), die Sicherheit (Instabilitäten von Brücken), die Wasserkraftwerke (Verlandungen) oder für die Forschung und Archäologie.



CASE STUDY

AUTOMATISIERTE, DATENGETRIEBENE OPTIMIERUNG
VON KLEINWASSERKRAFTKASKADEN

Im Jahr 2016 beschloss Dalane Kraft, sein Know-how aus dem eigenen SCADA-System zu nutzen, indem es Betriebsdienstleistungen für KWK-Anlagen sowohl in Norwegen als auch im Ausland anbietet. In dieser Fallstudie wird detailliert dargestellt, wie HYDROGRID Insight funktioniert und welche Vorteile es für die SHP-Betreibergesellschaft bietet.

Dalane Kraft AS ist ein norwegischer, mittelgroßer Wasserkraftproduzent mit 100 Jahren Erfahrung und einem Wasserkraftportfolio von rund 45 MW installierter Leistung. Haukland ist eine der Kaskaden, ein Kleinwasserkraftwerk (SHP) mit einer Leistung von 4,9 MW im Südwesten Norwegens.

Technische Eigenschaften	Wert
Wasserquelle	Kaskade von 250 m
Durchschnittlicher jährlicher Zufluss	2.05 m ³ /s
Bruttoförderhöhe	252,5 m
Stromerzeugung pro Jahr	21 GWh
Maximaler Durchsatz	2.2 m ³ /s
Francis Turbinenleistung	4,9 MW

Das heutige Kraftwerk ist das dritte Kraftwerk auf dem Gelände. Das erste Kraftwerk in Haukland ging 1913 in Betrieb. Später erfolgten diverse Um- und Ausbauten, bis das Kraftwerk 1943 in öffentliches Eigentum überging. Später wurde das erste Kraftwerk ersetzt und 1949 das zweite Kraftwerk in Betrieb genommen, das bis 2013 in Betrieb blieb. Dann wurde das alte Kraftwerk mit zwei Turbinen und einer Rohrleitung durch das heutige Kraftwerk mit einer unterirdischen Wasserstraße ersetzt.

Trotz der geringen Kapazität war es bislang eine Herausforderung, diese Anlage zu betreiben. Der Standort weist eine komplexe Topologie auf und Dalane Kraft AS sah sich mit technischen, ökologischen und anderen Betriebsrestriktionen konfrontiert.

DIE WICHTIGSTEN HERAUSFORDERUNGEN

- Zahlreiche miteinander verbundene Reservoirs
- Zahlreiche Schleusen
- Zahlreiche Einzugsgebiete mit unterschiedlichen Zuflussbedingungen und Planungshorizonten
- Eine präzise kurzfristige Planung für die Tagesspeicher stellt eine große Herausforderung dar. Dies gilt insbesondere für Skärstemnevatn, da Überlauf hier nicht nur zu Ressourceverlusten, sondern auch zur Überflutung einer Brücke führen kann
- Die Flexibilität von vorgelagerten Lagerstätten ist nur kurzfristig und nur für eine begrenzte Anzahl von Stunden nutzbar, wenn dies hydrologisch möglich ist

GLOBALE WASSERKRAFTINDUSTRIE
DER TREND DER DIGITALISIERUNG

Die zunehmende Volatilität der Wetter- und Marktbedingungen hat zu einer erhöhten Nachfrage nach automatisierten und Echtzeit-Optimierungslösungen geführt. Abhängig von der Art des Inputs – wie z.B. Niederschlag, Stromnachfrage oder Marktpreisdaten – stehen Optimierungslösungen vor einer Reihe komplexer, nichtlinearer Probleme. Darüber hinaus erfordern verschiedene Umwelt- und Betriebsrestriktionen einen komplexen Planungsprozess, was zu einem erhöhten Ressourcenbedarf führt, sowohl in Bezug auf Zeit als auch auf Personal. Folglich ist die Fähigkeit in Echtzeit zu reagieren, für die meisten Wasserkraftproduzenten eine große Herausforderung. Bestehende Lösungen zur Planung und Optimierung erfordern jedoch hohe Investitionen und manuelle Ressourcen.

Daher sind diese Lösungen für viele Betreiber von kleinen und mittleren Wasserkraftwerken in der Regel nicht rentabel und reduzieren die Möglichkeit der optimalen Kraftwerkssteuerung. Folglich wird die Flexibilität vieler Kleinwasserkraftanlagen nicht voll ausgeschöpft. Neue technische Lösungen sind erforderlich, um Klein- und Mittelwasserkraft als „grüne Batterie“ (Speicherkraftwerke) nutzbar zu machen und weitere Investitionen in erneuerbare Energien durch höhere Rentabilität zu fördern.

Die internationale Wasserkraftbranche befindet sich derzeit in einem massiven Digitalisierungsprozess, und Technologien wie maschinelles Lernen mit seinen vielfältigen methodischen Lösungen (z. B. Deep Learning mit neuronalen Netzen) können eingesetzt werden, um den Betrieb der Wasserkraft für alle Marktteilnehmer zu optimieren. Das Potenzial für automatisierte und optimierte Prozesse erstreckt sich über die gesamte Wertschöpfungskette und reicht von der hydrologischen Prognose über die automatisierte Produktionsplanung, den Stromhandel bis hin zur vorausschauenden Wartung. Eine optimierte Dispositionstrategie, die zu Effizienz- und Gewinnsteigerungen führt, kann durch die Lösung des impliziten nichtlinearen Problems der Wasserkraftoptimierung unter Verwendung mathematischer Modelle in Kombination mit Optimierungs- und maschinellen Lernansätzen erreicht werden.

PROJEKTZIELE

Automatisierung in Echtzeit: als Basis für die Koordination eines komplexen Systems bestehend aus zahlreichen Speicherbecken, Schleusen und Turbinen

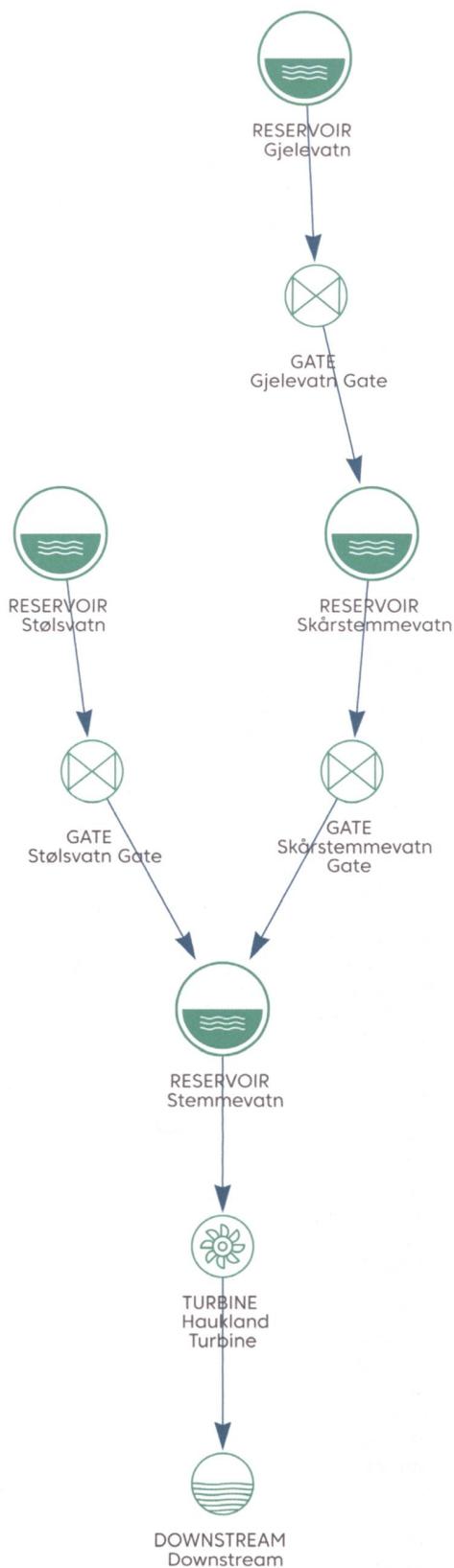
Preisgetriebene Steuerung: Umsatzsteigerung durch optimale Vermarktung und Nutzung der Marktvolatilität, bei gleichzeitiger Sicherstellung, dass alle technischen und ökologischen Auflagen eingehalten werden.

Um die Fähigkeit zu erreichen, sofort auf kurzfristige Änderungen der Markt- und hydrologischen Parameter reagieren zu können, sind die wichtigsten Erfolgsfaktoren:

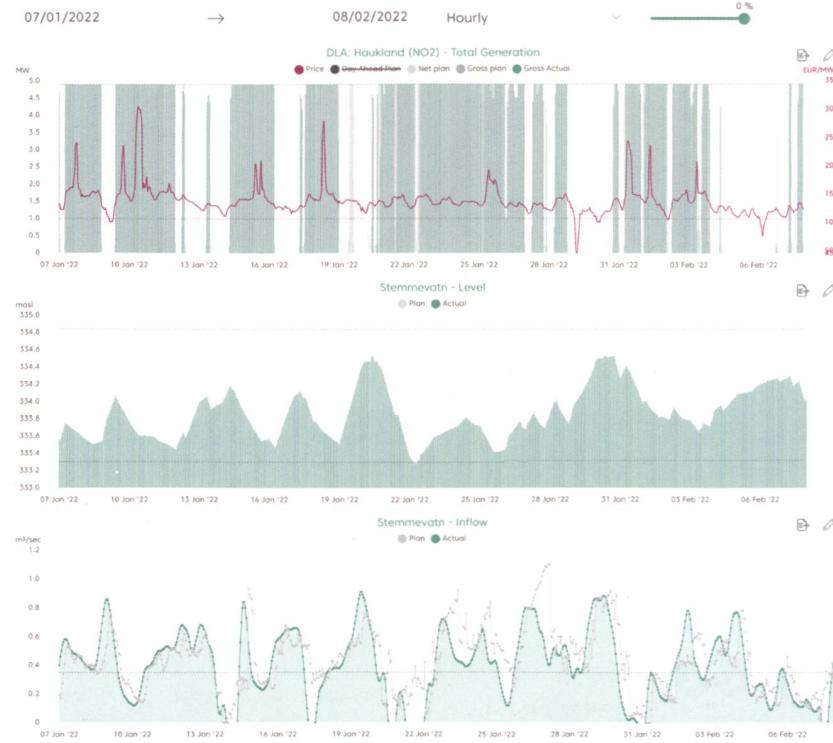
- Zuverlässige Verfügbarkeit der Daten
- Robuste und sichere Datenkommunikation
- Kurze Reaktionszeit des Optimierungsmodells selbst

Grundvoraussetzung für die Ermöglichung einer Reaktion in Echtzeit ist die Verfügbarkeit zuverlässiger Daten und eine sichere und robuste Datenkommunikation. Um ein vollautomatisches Produktionssystem zu erzielen, hat das Unternehmen Dalane Kraft eine SCADA-Fernsteuerungslösung entwickelt (2018). Die KraftSCADA-Lösung ist mit dem Optimierungssystem HYDROGRID Insight gekoppelt, welches einen innovativen und dynamischen, datengesteuerten Ansatz bietet, der dabei hilft, Wasserkraftwerke mit unterschiedlicher Kapazität automatisiert zu optimieren.

HYDROGRID Insight modelliert das komplexe Kaskadensystem von Haukland als digitale Kopie, welche die zahlreichen Stauseen, Schleusen und Turbinen umfasst und dabei die unterschiedlichen Fließzeiten sowie die technischen und ökologischen Einschränkungen berücksichtigt. Die telemetrischen IST-Daten des Kraftwerkes werden ständig über einen standardisierten und sicheren RESTful-API-Endpunkt übertragen (eine REST-API ist eine Schnittstelle, über die zwei Computer über HTTP kommunizieren können [Hypertext Transfer Protocol]), auf die gleiche Weise, wie Clients und Server kommunizieren). HYDROGRID Insight nutzt diese telemetrischen Daten zur Kalibrierung der Optimierungs- und Zuflussmodelle und



erstellt einen Turbinenfahrplan und Schleusenplan auf Stundenbasis. Der Einsatzplan und die Schleusenanweisungen werden in das KraftSCADA-System von Dalane Kraft automatisch eingelesen und somit die Steuerung des Kraftwerks vollständig automatisiert. Darüber hinaus berechnet HYDROGRID Insight Limit-Order-Bids für den Day-Ahead-Markt, die es Dalane Kraft ermöglichen, Volatilität des Strommarktes voll auszuschöpfen und so die Erträge des Haukland-Kaskadensystems zu maximieren.



OPTIMIERUNGSANSATZ VON HYDROGRID INSIGHT - HIRO

Moderne Ansätze zur Kaskadenoptimierung basieren auf stochastischen dynamischen Modellen. Diese berücksichtigen die Variationen aller Eingangsvariablen und liefern als Ergebnis Wahrscheinlichkeiten für alle Szenarien. Dies führt jedoch zu einem dramatischen Anstieg der benötigten Rechenressourcen, wenn die Komplexität der Topologie eines Kraftwerks zunimmt. Diese verlängerte Berechnungszeit macht die Echtzeitreaktion auf Veränderungen im Markt oder in der Hydrologie nahezu unmöglich.

Um diese Herausforderung zu meistern, löst HYDROGRID Insight das Problem der Kaskadenoptimierung mit einem eher heuristischen stochastischen Modellierungsansatz, der auf proprietären Algorithmen basiert. Die eigens entwickelte Technologie konzentriert sich auf die erfolgreiche Verkürzung der Berechnungszeit. So wurde beispielsweise die Rechenzeit von Haukland von 20 Minuten auf unter 3 Minuten reduziert. Darüber hinaus ist der Modellierungsansatz von HYDROGRID Insight vollständig datengesteuert. Das zugrunde liegende Anlagenmodell wird auf der Basis der tatsächlichen Anlagentelemetrie und anderer externer Inputdaten kontinuierlich neu trainiert.

In Kombination mit proprietären Lösungen für Zufluss- und Preisprognosen unter Verwendung von maschinellem Lernen bietet HYDROGRID Insight eine integrierte Optimierungslösung für die kurz-, mittel- und langfristige Planung. Dadurch ist HYDROGRID Insight in der Lage, Veränderungen in der Hydrologie oder den Marktbedingungen automatisch zu erkennen und den gesamten Planungshorizont automatisch anzupassen.

Infolgedessen ermöglicht der datengetriebene Ansatz von HYDROGRID Insight eine qualitativ hochwertige und dennoch effiziente Optimierung mehrerer Kraftwerke. Für Haukland konnte mit HYDROGRID Insight die Rechenzeit um 65 Prozent reduziert werden.



GHISLAIN NICOLAS

+33 689 665 677

gn@hydrogrid.ai

HYDROGRID GmbH

Walcherstraße 11A
AT-1020 Wien

AI-1020 Vienna

 www.hydrogrid.ai



RILAX - Nehmen Sie Platz!

Ihre Anlage läuft optimal. Mit unserem Wartungsplan müssen Sie sich keine Sorgen um die Beschaffung von Ersatzteilen machen. Sichern Sie Ihre Anlage für Notfälle ab, erhalten Sie Zugriff auf kritische Geräte und machen Sie sich keine Sorgen über Betriebsausfälle.

BRUGG

Rittmeyer

Kontaktieren Sie uns noch heute für Ihr Angebot zur Lagerhaltung.

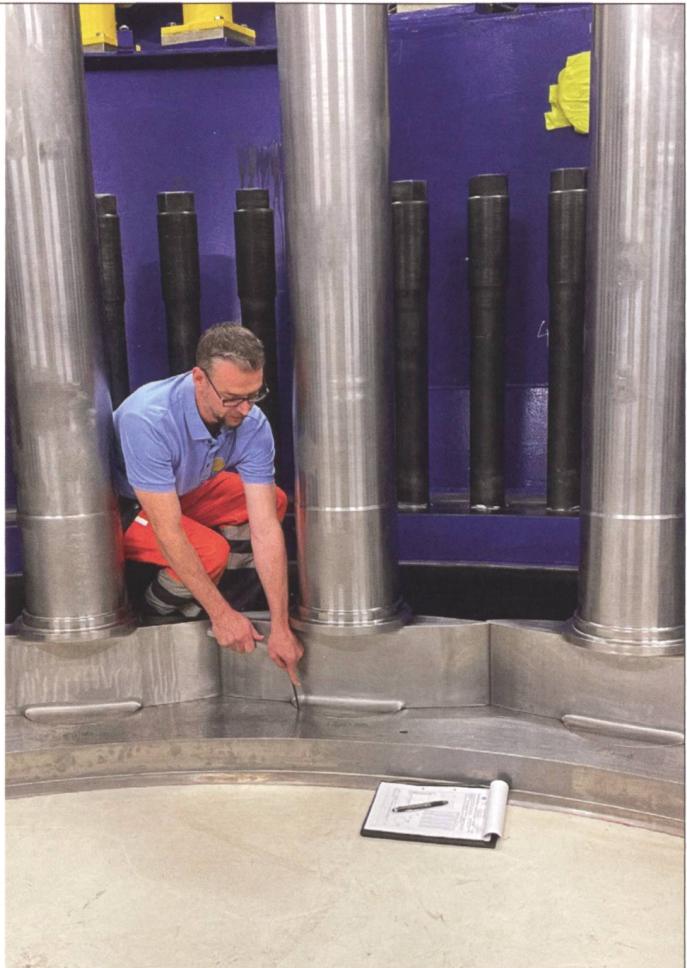
rittmeier.com

PROJEKTPLUS +

- Fachexperte Turbinenbau
- Abnahmevertragspartner
- Projektbegleiter
- deutsch · französisch · englisch

Thomas Blau
Maschineningenieur, CAS Hydro

PROJEKTPLUS AG
Rosenstrasse 2, CH-6010 Kriens
078 638 06 78
www.projekt-plus.ch



Impressum



Schweizerische Fachzeitschrift für Wasserwirtschaft/
Revue suisse spécialisée sur l'aménagement des eaux

Gegründet 1908 / Fondée 1908

Bis 1930 «Schweizerische Wasserwirtschaft»;
1931–1934 «Schweizerische Wasser- und
Energiewirtschaft»; 1935–1975 «Wasser- und
Energiewirtschaft»; ab 1975 «Wasser Energie Luft»

Herausgeber / Éditeur

Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband (SWV) /
Association suisse pour l'aménagement des eaux (ASAE)

Redaktionsleitung / Direction de la rédaction

Andreas Stettler, andreas.stettler@swv.ch

Layout, Anzeigen, Redaktion / Mise en page,
annonces, rédaction

Mathias Mäder, mathias.maeder@swv.ch

ISSN 0377-905X

Verlag, Administration / Édition, administration

SWV, Rütistrasse 3a, CH-5401 Baden
Telefon +41 56 222 50 69, info@swv.ch, www.swv.ch
Postkonto Zürich: 80-1846-5
Mehrwertsteuer-Nr.: CHE-115.506.846

Abonnement / Abonnement

Das Abonnement ist in der Mitgliedschaft SWV enthalten./
L'abonnement est compris dans l'affiliation ASAE.

Preise / Prix

Jahresabonnement CHF 120.–, zzgl. MwSt.; für das
Ausland CHF 140.–; Einzelpreis Heft CHF 30.–, zzgl.
MwSt. und Porto; erscheint 4 × pro Jahr. / Abonnement
annuel CHF 120.–, plus TVA; pour l'étranger CHF 140.–;
Prix au numéro: CHF 30.–, plus TVA et frais de port;
paraît 4 fois par an.

«Wasser Energie Luft» ist offizielles Organ des SWV und
seiner Gruppen: / «Eau énergie air» est l'organe officiel
de publication de l'ASAE et de ses groupes régionaux:
Associazione Ticinese di Economia delle Acque (ATEA),
Verband Aare-Rheinwerke (VAR), Rheinverband (RhV).

Die publizierten Beiträge geben die Meinung der
jeweiligen Autoren wieder. Diese muss sich nicht mit
derjenigen der Redaktion oder der Verbände decken./
Les articles publiés reflètent les avis des auteurs et ne
correspondent pas forcément à ceux de la rédaction ou
des associations.

Druck, Lektorat / Production, Correction

Horisberger Regensdorf AG



«Wasser Energie Luft» wird
mit Strom aus 100 % Schweizer
Wasserkraft produziert und
auf FSC-Papier gedruckt.

Abdichtungen

DICHTUNGEN FÜR WASSERKRAFTWERKE



Beispiel:
MANOV® Systemdichtung WP
Bauart 444 zur sicheren Abdichtung
bei hohen Nuttiefenschwankungen
z. B. Kaplanschaufeln

IDG-Dichtungstechnik GmbH

+49 7021 9833-0 | info@idg-gmbh.com | idg-gmbh.com



Armaturen



Die Adams Schweiz AG ist Ihr
starker Partner für Armaturen
in Wasserkraftwerken.

Know-how aus den
Bündner Bergen –
weltweit im Einsatz.

www.adams-armaturen.ch
sales@adams-armaturen.ch
Tel. +41 (0)81 410 22 22

graubünden



Bautenschutz

BETOSAN

ISO 9001 | ISO 14001 | ISO 45001

BETOSAN AG
3072 Ostermundigen
Tel. 031 335 05 55
info@betosan.ch
www.betosan.ch

Sieben Niederlassungen -
immer in Ihrer Nähe.

Gewässerökologie

www.oepan.ch | 071 722 57 22 | info@oepan.ch



Revitalisierung

an Fließgewässern und Seeufern
Varianten- und Machbarkeitsstudien
Ausführungsplanung und Umsetzung

Gewässerentwicklung

Entwicklungsziele und Initiierung
Unterhaltskonzepte und Pflegepläne
Erfolgskontrolle und Monitoring

Begleitplanungen

Landschaftsgestaltung
Aquatisch, terrestrische Ökologie (UBB, UVB)
Boden (Bodenschutzkonzepte, BBB)
Naherholung und Besucherlenkung

We work in an interdisciplinary team from
hydrologists, landscape architects and
environmental specialists. With over 30 years of experience
we offer you creative and sustainable solutions.

Gewässerpflage



taf taucharbeiten ag
Südstrasse 21 · CH-3250 Lyss
Telefon +41 32 392 73 20 · Fax +41 32 392 73 21
info@taf-taucharbeiten.ch · www.taf-taucharbeiten.ch

Gewässervermessung



Gewässervermessung



Staubli, Kurath & Partner AG

Die Ingenieure im Wasser
wasserbau.ch | sk@wasserbau.ch
Tel. +41 43 336 40 50

Hydrografie

meisser
GEO

WF.

Echolot, luftbild-gestützt, terrestrisch

erfahren | kompetent | engagiert
www.meisser-geo.ch

**SCHNEIDER
INGENIEURE**

Massgeschneiderte Lösungen für Bau und Vermessung

Präzisions-Geodäsie zur Überwachung von Stauanlagen, Druckleitungen und Wasserkraftwerken

Spundisstrasse 23 +41 81 286 97 00
7007 Chur schneideringenieure.ch

Stahlwasserbau

STAHLLEINBAU GmbH

@II in ONE...

Engineering, Planung, Fabrikation und Herstellung von:

- Kegelstrahlschieber
- Drosselklappen
- Ventilen
- Entsander
- Staupendel
- Schützentafeln
- Druckleitungselementen



Stahleinbau GmbH, CH-3922 Stalden
www.stahleinbau.ch

Ingenieursdienstleistung

KISSLING + ZBINDEN AG
INGENIEURE PLANER USIC

K+Z Bern | Spiez | Thun | Solothurn

Lösungen aus einer Hand
von der Bedürfnisanalyse bis zur Realisierung

Wasserbau

- Hochwasserschutz
- Renaturierung von Fließgewässern und Seen
- Wellenschutz
- Kraftwerkbau
- Hydraulische Modellierungen
- Murgang- und Geschiebeanalysen
- Gefahrenkarten und Notfallplanungen
- Gewässerraumbestimmung
- Fachgutachten Naturgefahren

Umwelt

- Umweltberichtserstattung und Umweltbaubegleitung
- Aufwertung von aquatischen und terrestrischen Lebensräumen
- Erfolgs- und Wirkungskontrollen
- Bodenkundliche Baubegleitung
- Landumlegung

www.kzag.ch

i **SK&**

Ingenieurdienstleistungen

Staubli, Kurath & Partner AG
Die Ingenieure im Wasser
wasserbau.ch | sk@wasserbau.ch
Tel. +41 43 336 40 50

Taucharbeiten



**Hafenbau,
Seewasserleitung
und Staumauer**



Hydrokarst Swiss SA
Tel. +41 (0)26 673 11 62

www.hydrokarstswiss.com

Fischwanderhilfen und Revitalisierungen

PINI
SMART ENGINEERING

Wir planen und bauen für Sie.

Kontaktieren Sie uns:
Tel. 081 258 40 50
eMail: chur@pini.group

STAHLTEC
Geht nicht? Gibt's nicht!

Engineering & Lieferung

- von HSR Entsander (Patent)
- von Sonderkonstruktionen im Stahlwasser- und Maschinenbau

www.stahltec.ch



Präsentieren Sie Ihre Firma einem grossen Fachpublikum zu attraktiven Preisen mit einem Eintrag im «WEL»-Branchenverzeichnis.

mathias.maeder@swv.ch



Quagga Muschel !?



Hydrokarst Swiss SA

Tel. +41 (0)26 673 11 62

www.moule-quagga.ch



taf taucharbeiten ag

taf taucharbeiten ag
Südstrasse 21 · CH-3250 Lyss
Telefon: +41 32 392 73 20 · Fax: +41 32 392 73 21
info@taf-taucharbeiten.ch · www.taf-taucharbeiten.ch

patscheiderpartner

ENGINEERS



25 Jahre Ingenieurdienstleistungen im Wasserbau aus einer Hand

**BERATUNG
PLANUNG
BAULEITUNG**



Seit 2022 in der Schweiz:
Laurenzenvorstadt 25, 5000 Aarau
www.patscheiderpartner.ch

i

SK&

Sicherheitsbeurteilungen



Staubli, Kurath & Partner AG

Die Ingenieure im Wasser
wasserbau.ch | sk@wasserbau.ch
Tel. +41 43 336 40 50

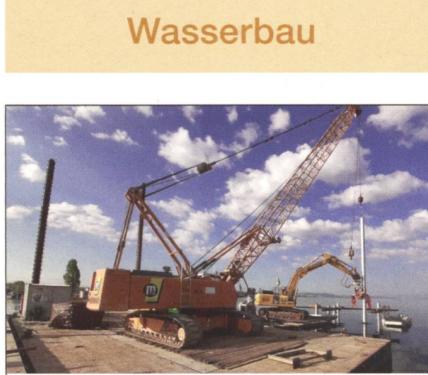


**Willy Stäubli Ing. AG
Wasserbau Stahlbau**



WASSERBAU STAHLBAU TAUCHERARBEITEN

Waldhofstrasse 6 Fax 043 960 82 23
8810 Horgen ingenieur@willystaebuli.ch
Tel. 043 960 82 22 www.willystaebuli.ch



**Wasserbau
Strassenbau
Tiefbau
Betonbau
Spezialtiefbau**



arc jura

A Bugeon, CH - 2087 Cornaux
Tél. 032 758 00 00 / cornaux@martisa.ch

Öko-Baumeister



www.martiacrjura.ch

i

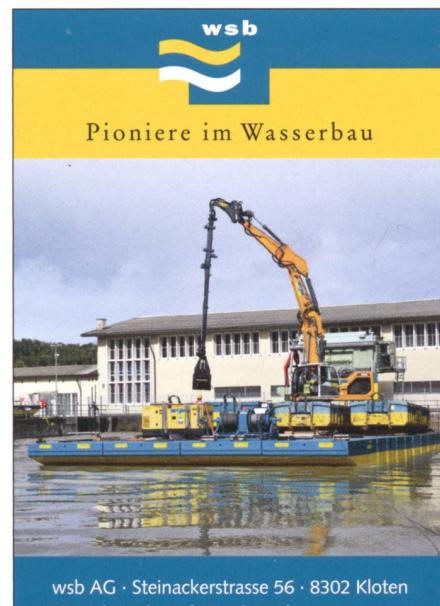
SK&

Wasserbau



Staubli, Kurath & Partner AG

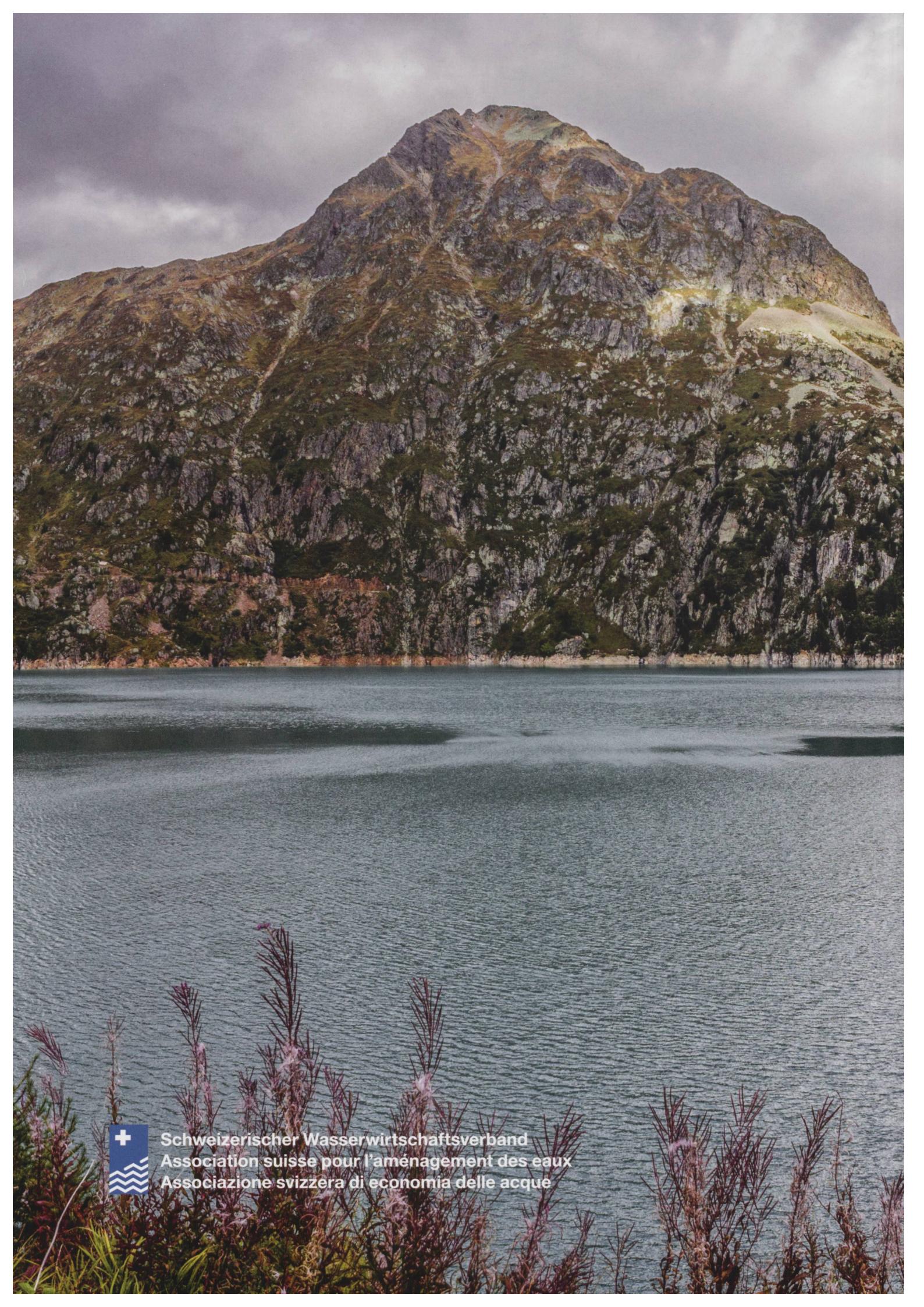
Die Ingenieure im Wasser
wasserbau.ch | sk@wasserbau.ch
Tel. +41 43 336 40 50



wsb
Pioniere im Wasserbau

wsb AG · Steinackerstrasse 56 · 8302 Kloten
www.wsbag.ch · info@wsbag.ch · 043 433 30 03





Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband
Association suisse pour l'aménagement des eaux
Associazione svizzera di economia delle acque