Zeitschrift: Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria
Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband
Band: 111 (2019)
Heft: 4

Artikel: Das Triffprojekt : ein Überblick zu Projekt, Ökologie und Partizipation
Autor: Schweizer, Steffen / Schwegler, Benno / Rohrer, Magdalena
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-941530

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: 13.07.2025

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

Das Triftprojekt – ein Überblick zu Projekt, Ökologie und Partizipation

Steffen Schweizer, Benno Schwegler, Magdalena Rohrer, Matthias Meyer, Sandro Schläppi, Jan Baumgartner, Benjamin Berger, Sonja Fahner, Andres Fankhauser, Heiko Zeh Weissmann, Andreas Niedermayr, Christian Roulier, Michael Döring

Zusammenfassung

Mit der Realisierung des Triftprojekts kann ein wesentlicher Beitrag zur erfolgreichen Umsetzung der schweizerischen Energiewende geleistet werden. Neben einer Erhöhung der Energieproduktion um 145 GWh/a kann künftig die Flexibilität der Stromproduktion erhöht und insbesondere ein Grossteil der Stromproduktion im Winter erfolgen. Allerdings sind mit dieser energiepolitischen Verbesserung sowohl gewässerökologische als auch terrestrische Beeinträchtigungen verbunden.

Die umfangreichen und sehr detaillierten ökologischen Untersuchungen bildeten eine hervorragende Ausgangsbasis zur Beurteilung des Projekts und eine sachliche Diskussion. Im Rahmen eines gut strukturierten Begleitprozesses hatten alle relevanten Stakeholder die Möglichkeit, sich aktiv in die Diskussionen und Lösungsfindung einzubringen. Die Diskussionen im Begleitprozess verliefen sehr offen und lösungsorientiert. Mit zwei von allen Seiten anerkannten Bewertungsmethoden wurden die ökologischen Beeinträchtigungen und die Aufwertungsmassnahmen sowohl für aquatische als auch für terrestrische Lebensräume objektiv bilanziert. Nach rund drei Jahren Verhandlungen wurde schliesslich für alle relevanten ökologischen und technischen Aspekte eine Lösung gefunden und wurden die Konzessionsunterlagen im Herbst 2017 eingereicht.

1. Energiepolitische Rahmenbedingungen

In den letzten Jahren hat sich die Situation auf dem schweizerischen und dem europäischen Energiemarkt deutlich verändert. Neben den Auswirkungen der Klimaveränderung führte auch die Havarie beim Kernkraftwerk in Fukushima zu einem grossräumigen Umdenken der Bevölkerung und der Politik. Im Mai 2017 wurde die vom Parlament ausgearbeitete Energiestrategie 2050 vom Volk bestätigt. Mittel- bis langfristig sieht die Energiestrategie 2050 einen radikalen Umbau der schweizerischen Energieproduktion vor. Einerseits soll die Produktion aus nuklearer Energie (in den letzten Jahren zwischen 20 und 26 TWh/a) künftig reduziert werden (kein Neubau, allerdings auch keine Laufzeitbeschränkungen), und auf den Zubau von thermischen Kraftwerken (Kohle, Gas) soll verzichtet werden. Auf der anderen Seite soll die damit verbundene Minderproduktion künftig mit dem Ausbau an erneuerbaren Energiequellen ersetzt werden. Dazu sieht das Energiegesetz gemäss Art. 2 bis 2035 einen Ausbau an Photovoltaik, Windkraft (total 7 TWh/a) und Wasserkraft (2.9 TWh/a) sowie Massnahmen zur Verbesserung der Effizienz vor. Zudem soll der Stromverbrauch pro Person bis 2035 gegenüber dem Jahr 2000 um 13 % gesenkt werden.

Werden die verschiedenen Formen der Energieproduktion hinsichtlich Erntefaktor (produzierte Energie im Verhältnis zur Energie, die für den Bau einer Anlage nötig ist) miteinander verglichen, zeigt sich ein eindeutiges Bild: Die Wasserkraft schneidet hierbei mit einem Erntefaktor von 58 bis 78 deutlich besser ab als Windkraft (18), Photovoltaik (8), Kohlekraft (8) und Atomkraft (12). In den letzten Jahren konnte bei den neuen erneuerbaren Energieproduktionsformen eine deutliche Effizienzsteigerung beobachtet werden (*Steffen et al.*, 2018).

Bis 2050 wird eine Vielzahl der heute gültigen Wasserkraftkonzessionen nach neuem Gewässerschutzgesetz zu erneuern sein. Zudem ist immer noch ein beachtlicher Teil der Restwassersanierungen nicht umgesetzt. Beides wird zur Erhöhung der heutigen Restwassermengen und Einbussen bei der Stromproduktion führen. Gleichzeitig gilt es, die Ziele der Energiestrategie 2050 mit einem Zubauziel für die Wasserkraft von 2.9 TWh/a zu erreichen. Inwieweit mit Schutz- und Nutzungsplanungen, Effizienzsteigerungen und Ausbauten bei bestehenden Anlagen dieser Tendenz entgegengewirkt werden kann, ist aus heutiger Sicht nur bedingt absehbar. In jedem Fall werden zum Erreichen der Ziele der Energiestrategie Kompromisse und Lösungen mit Augenmass nötig sein.

Im künftigen schweizerischen Strommarkt soll gemäss Energiestrategie 2050 *(siehe oben)* ein erheblicher Teil der Stromproduktion durch Photovoltaik erfolgen. Auch in den Nachbarländern Frankreich und Deutschland ist ein grosser Zubau an Sonnen- und Windkraft als Ersatz für nukleare und thermische Kraftwerke absehbar. Nach wie vor ist bei diesen regenerativen Energiequellen eine Abnahme der Installationskosten und eine Effizienzverbesserung hinsichtlich energetischem Erntefaktor zu beobachten (*Steffen et al.*, 2018). Damit verbunden ist eine Abnahme, z. T. auch eine vollständige Aufhebung von staatlichen Fördergeldern. Gemäss der Studie des Bundesamtes für Energie (*BFE*, 2019) besteht ein beträchtliches Potenzial insbesondere im Zubau von Photovoltaik. Die Stromproduktion aus den regenerativen Energiequellen Sonne und Wind ist allerdings nur eingeschränkt planbar und kann phasenweise sehr stark variieren. In der Winterzeit liegt die Stromproduktion aus Photovoltaik aufgrund des tiefen Einfallwinkels, der geringen Sonnenscheindauer und häufig auftretender ungünstiger Witterungsverhältnisse nur bei 10 bis 20 %, verglichen mit der Situation im Sommer. Treten im Winter zudem noch längere Zeiträume ohne grössere Windbewegungen auf, führt dies zu sog. «Dunkelflauten» und zu erheblichen Engpässen im europäischen Stromnetz. Auch für die schweizerische Wasserkraft liegt der zur Verfügung stehende Zufluss im Winterhalbjahr um einen Faktor 3 tiefer, verglichen mit der Sommersituation. Je nach Quellenangabe beträgt das gesamtschweizerische Potenzial zur Erhöhung der Winterproduktion mit

Ausbau von Speicherkraftwerken (primär Talsperrenerhöhungen) zwischen 1.2 und 2.0 TWh/a (*Schleiss,* 2012; *Swissgrid,* 2016).

Gut zu beobachten waren die Auswirkungen dieser Situation im vorletzten Winter, als in Frankreich, Deutschland und in der Schweiz diverse Kernkraftwerken temporär abgeschaltet wurden. Um die Stabilität des europäischen Stromnetzes in dieser Zeit sicherzustellen, mussten insbesondere die schweizerischen Speicherkraftwerke fast täglich in hohem Masse regulierend eingreifen. Als Folge dieser Eingriffe lagen die Seespiegel fast aller schweizerischen Stauseen im Februar 2017 auf einem historischen Tiefststand.

Um die Energiewende erfolgreich umzusetzen, wird also vor allem im Winter eine flexible, leistungsstarke und ausreichende Stromproduktion benötigt. Die dafür benötigte Speicherenergie kann nach heutigem Stand der Technik nur mit grossen, hoch gelegenen Speicherseen bereitgestellt werden. Auch wenn die Preise für chemische Batterien laufend sinken, liegen die Kosten für eine saisonale Speicherung bei dieser Technik rund zwei 10er-Potenzen höher als bei Speicherseen. Bei einer gesamthaften Betrachtung sollten zudem auch die kürzeren Lebensdauern von Batterien und die bei der Herstellung und Entsorgung auftretenden Umweltbelastungen berücksichtigt werden.

Indessen muss für den Ausbau an Speicherenergie aus Wasserkraft einerseits die heutige Situation mit einem bereits sehr hohen Ausbaugrad berücksichtigt werden *(Abbildung 1).* Anderseits wird die Klimaerwärmung zu starken Veränderungen in der alpinen Landschaft führen. So bewirkt die sich immer weiter nach oben verschiebende 0-Grad-Grenze einen dramatischen Gletscherrückgang. Je nach topografischer Situation können sich im Zuge dieses Eisrückzugs Gletscherseen bilden. In der NFP 61-Studie NELAK (2013) wurden die grössten sich bildenden Gletscherseen genauer betrachtet, inwieweit sie sich für eine technisch mögliche Erschliessung zur Stromproduktion eignen würden. In der Studie blieben die wirtschaftlichen und ökologischen Rahmenbedingungen allerdings unberücksichtigt.

Aus *Abbildung 1* ist gut ersichtlich, dass unter den bekannten Projekten der Ausbau an Speicherenergie im Oberhasli sehr bedeutend ist, insbesondere nimmt die Ausnützung des heutigen Triftsees zur Stromproduktion eine Spitzenposition ein.

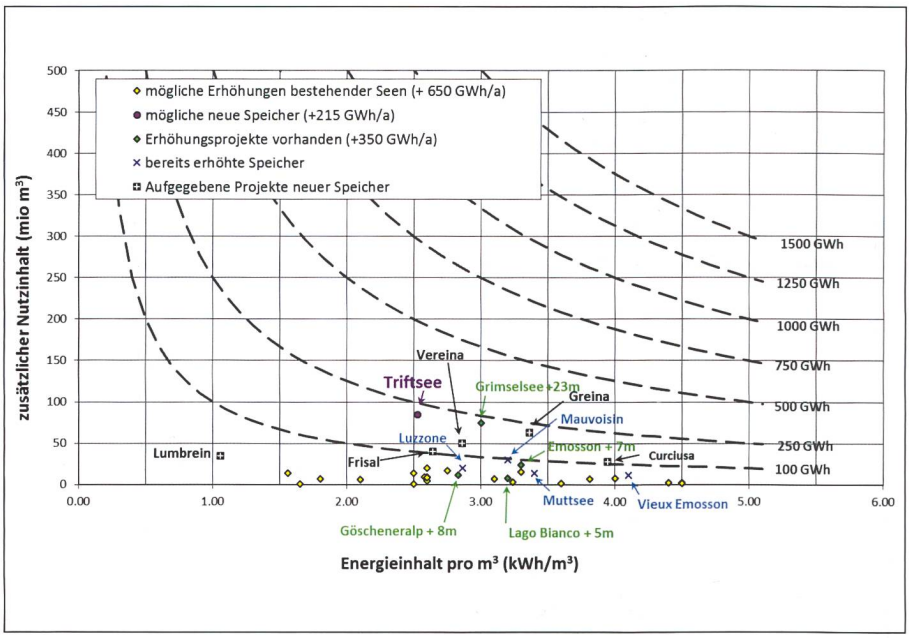


Abbildung 1: Darstellung der wichtigsten Speicherkraftprojekte (Speicherenergie in GWh) in Abhängigkeit von Energiegleichwert und Speichervolumen.

Für einen positiven Investitionsentscheid benötigen die Eigentümer eines Kraftwerks neben günstigen energiepolitischen Aspekten auch gute wirtschaftliche Rahmenbedingungen. Die oben beschriebene Situation im Winter 2016/17 hat neben tiefen Seeständen auch zu relativ hohen Strompreisen während des vergangenen Winters geführt. Selbstverständlich sind Rückschlüsse aus einer Wintersaison auf die künftige Entwicklung des Strompreises nur sehr limitiert möglich, allerdings kann die Situation im letzten Winter durchaus als wichtiger Fingerzeig in die Zukunft angesehen werden.

2. Technische Aspekte des Triftprojekts

Übersicht Projekt

Wie in *Abbildung 2* dargestellt, umfasst das Triftprojekt folgende neue Anlagen:

- Staumauer für den Aufstau des heutigen Triftsees (1)
- Fassung Steingletscher mit Zulaufstollen zum Triftsee (2)
- neues, unterirdisches Kraftwerk Trift (inklusive Triebwasserweg) (3)

Bereits heute werden mit den bestehenden Fassungen die beiden Gewässer Trift- und Steinwasser für die Stromproduktion

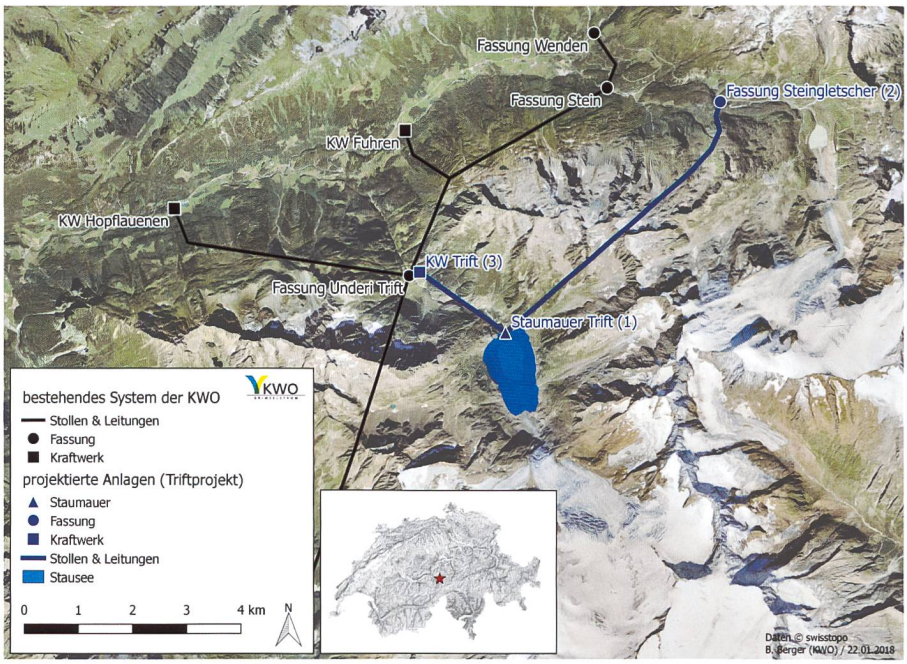


Abbildung 2: Projektperimeter Trift – bestehende und neue Kraftwerksanlagen.

Abbildungen 3: Heutiger Triftsee mit Ausfluss.

genutzt. Die Errichtung der beiden neuen Fassungen erlaubt die Ausnützung von einer zusätzlichen Kraftwerkstufe mit einer Fallhöhe von ca. 450 m. Der Zufluss in die beiden oberliegenden Fassungen beläuft sich auf 154 Mio m^3 pro Jahr. Im Gadmental (rund ein Drittel des Einzugsgebiets der KWO) befinden sich heute nur kleinere Becken, die sich lediglich als Tages- oder Stundenspeicher eignen.

Aus baulicher Sicht bieten Topographie (der heutige Seeausfluss befindet sich in einer Schlucht, vgl. *Abbildung 3*) und Geologie (der Felsriegel am Nordufer des Sees besteht aus bautechnisch sehr günstigem Erstfeldgneis) optimale Verhältnisse für den Bau eines Stausees. Mit dem Bau einer rund 160 m hohen Staumauer kann ein Volumen von maximal 85 Mio. m^3 aufgestaut werden. Unter Ausnutzung aller vorhandenen Kraftwerkstufen (KW Trift, KW Hopflauenen, KW Innertkirchen 2) können mit der Projektrealisierung insgesamt 215 GWh Energie vom Sommer in den Winter verlagert werden.

Einordnung in die Energiestrategien von Bund und Kanton Bern

Die kantonale Wassernutzungsstrategie sieht im Kanton Bern einen Zubau der Energieproduktion aus Wasserkraft an geeigneten Gewässerabschnitten von mindestens 300 GWh/a vor (*Regierungsrat des Kantons Bern,* 2010). Gemäss Art. 2 Energiegesetz ist für das Jahr 2035 eine Energieproduktion aus Wasserkraft von 37400 GWh/a (ohne Pumpspeicherung) vorgesehen. Gegenüber heute entspricht dies einem Zubau von rund 2900 GWh/a. Der Beitrag des Triftprojekts beträgt entsprechend auf kantonaler Ebene rund 50 % und auf nationaler Ebene 5 %. Zudem erhöht die Möglichkeit, die Stromproduktion vom Sommer in den Winter zu verlagern, die grosse Bedeutung des Projekts für die geplante Energiewende.

Mit dem Projekt ist ausserdem ein Zubau an Leistung von 80 MW und eine entsprechend höhere Flexibilität verbunden. Auf die bestehenden Anlagen der KWO bezogen, vergrössern sich die Stromproduktion und die Leistung um je ca. 6 %, und das Speichervolumen wird um 43 % erhöht.

Vergleich des Projekts mit KEV-Projekten

In *Abbildung 4* werden für die Projekte der aktuellen KEV-Liste (*BFE,* 2015) sowie für das Triftprojekt die Energieproduktion eines Projekts und die damit verbundene Länge der Restwasserstrecke dargestellt. In der Grafik ist deutlich zu erkennen, dass für die Erzeugung einer Strommenge von 1 GWh (bedarfsgerecht!) mit dem Triftprojekt eine erheblich kürzere Restwasserstrecke resultiert, verglichen mit den anderen KEV-Projekten. Bei diesem Vergleich bleiben aber Grösse und ökologische Bedeutung der betrachteten Gewässerabschnitte unberücksichtigt.

Weitere Aspekte des Triftprojekts

Zusätzlich zur Stromproduktion kann mit der Realisierung des Triftprojekts die Hochwassersicherheit im Gadmen- und im Aaretal bis zum Brienzersee erheblich verbessert werden.

Der Triftgletscher gehört zu den sich am schnellsten zurückziehenden Gletschern in den Alpen (*BAFU,* 2003, *Bauder,* 2006). Mit einem nahezu vollständigen Abschmelzen des Triftgletschers ist erst im kommenden Jahrhundert zu rechnen (*VAW,* 2014). Verschiedene Klimamodelle sagen für die nächsten 50 bis 100 Jahre eine über das Jahr gesehen leicht reduzierte Niederschlagsmenge in der oberen Trift voraus

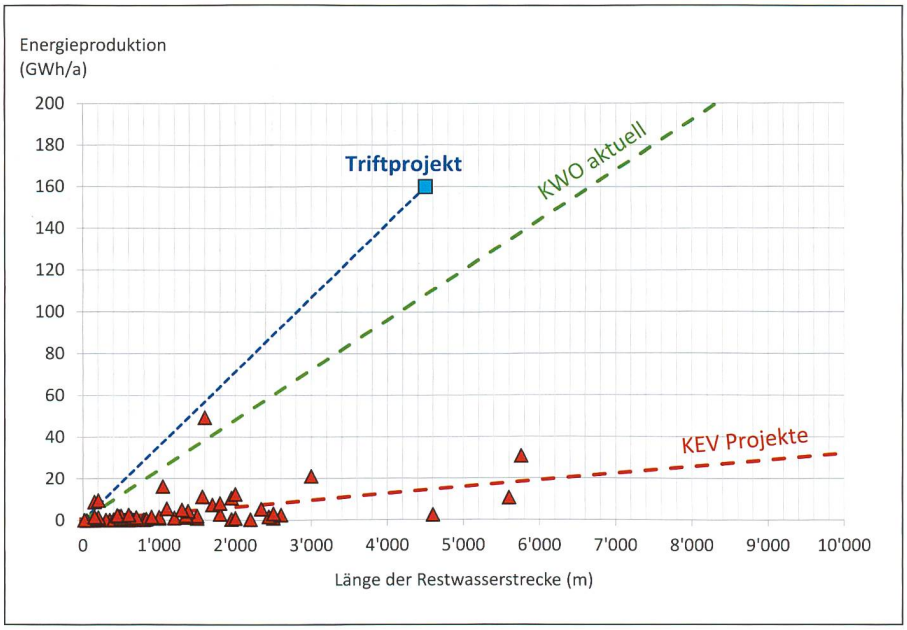


Abbildung 4: Vergleich Triftprojekt mit KEV-Projekten anhand des Verhältnisses von Stromproduktion (GWh/a) und damit verbundener Länge der Restwasserstrecke. Blaues Quadrat = Triftprojekt, rote Dreiecke = KEV-Projekte (BFE 2015).

(*VAW,* 2014). Allerdings wird sich die Verteilung der Niederschläge und der Zuflüsse zeitlich verändern. Mit der früher einsetzenden Schneeschmelze werden die Zuflüsse im Frühjahr höher ausfallen, dagegen wird sich der Zufluss aus der Gletscherschmelze im Hochsommer und Frühherbst deutlich reduzieren. Im Herbst und im Frühjahr werden künftige Niederschlagsereignisse zunehmend als Regen und nicht mehr in Form von Schnee stattfinden und so zu einem unmittelbaren Zufluss aus dem Einzugsgebiet sorgen. Zudem wird künftig mit einer Häufung von Extremereignissen (Hochwasser, Trockenphasen) gerechnet. Die Möglichkeit, den Triftsee aufstauen zu können, erlaubt auf die zu erwartenden hydrologischen Veränderungen aus energiepolitischer Sicht optimal zu reagieren. Da sich die mittleren jährlichen Niederschlagsmengen gegenüber heute nur geringfügig reduzieren, wird eine Füllung des Triftsees auch unter künftigen Klimabedingungen problemlos möglich sein (*VAW,* 2014). Der heutige Zufluss würde zwei Seefüllungen pro Jahr erlauben.

3. Begleitgruppenprozess

Im Rahmen der NFP-61-Studie NELAK zur potenziellen Nutzung von Gletscherseen gelangte das Projekt im Jahr 2012 erstmals an die breite Öffentlichkeit. Der Regierungsrat des Kantons Bern und die KWO «nahmen diesen Ball auf» und initiierten einen Begleitgruppenprozess, der sich am Investitionsprogramm KWO plus orientierte (*Schweizer et al,.* 2012a; *Abbildung 5*). Für diesen partizipativen Prozess wurden Vertreter aus Politik, Region, Verwaltung, Umwelt- und Landschaftsschutzverbänden, Schweizer Alpenclub (SAC) und Fischerei eingeladen. Im Juni 2013 fand die Startsitzung im grossen Plenum der «Begleitgruppe» in Bern statt. Für ein effizientes Vorantreiben des Projekts wurde der sogenannte Ausschuss mit Vertretern aus dem WWF Schweiz und Bern, der Stiftung Landschaftsschutz, dem SAC, der Fischerei (Bernisch Kantonaler Fischereiverein und Pachtvereinigung Oberhasli), der Regionalkonferenz Berner Oberland Ost, der Leitbehörde (Amt für Wasser und Abfall) und der KWO ins Leben gerufen.

Während der Projektentwicklung wurden die kantonalen Fachstellen (AWA, FI, ANF, JI, AGR, KAWA, AUE, TBA; Abkürzungen siehe *Abbildung 5*) im Rahmen von regelmässig stattfindenden Anlässen über den aktuellen Stand des Projekts informiert.

Im Verlauf des Verhandlungsprozesses zeigte sich rasch, dass insbesondere die Thematiken Restwassermenge *(Kap. 5.1),* Landschafts- *(Kap. 4.3)* und Auenschutz *(Kap. 4.2.4)* sowie Ausgleichs- und Ersatzmassnahmen *(Kap. 5.3, 5.5)* die Hauptdiskussionspunkte in den Verhandlungen sein würden. Schliesslich konnte nach 18 Sitzungen im Ausschuss, 7 Sitzungen in der Fachgruppe mit den kantonalen Fachstellen und 5 Sitzungen in der grossen Begleitgruppe im September 2017 mit den Teilnehmenden im Ausschuss und in der Fachgruppe eine Lösung zu allen relevanten Fragestellungen gefunden werden. Im späteren Verlauf zeigte sich, dass zwei Verbände, die nicht im Ausschuss vertreten waren, Einsprache zum Projekt einreichten.

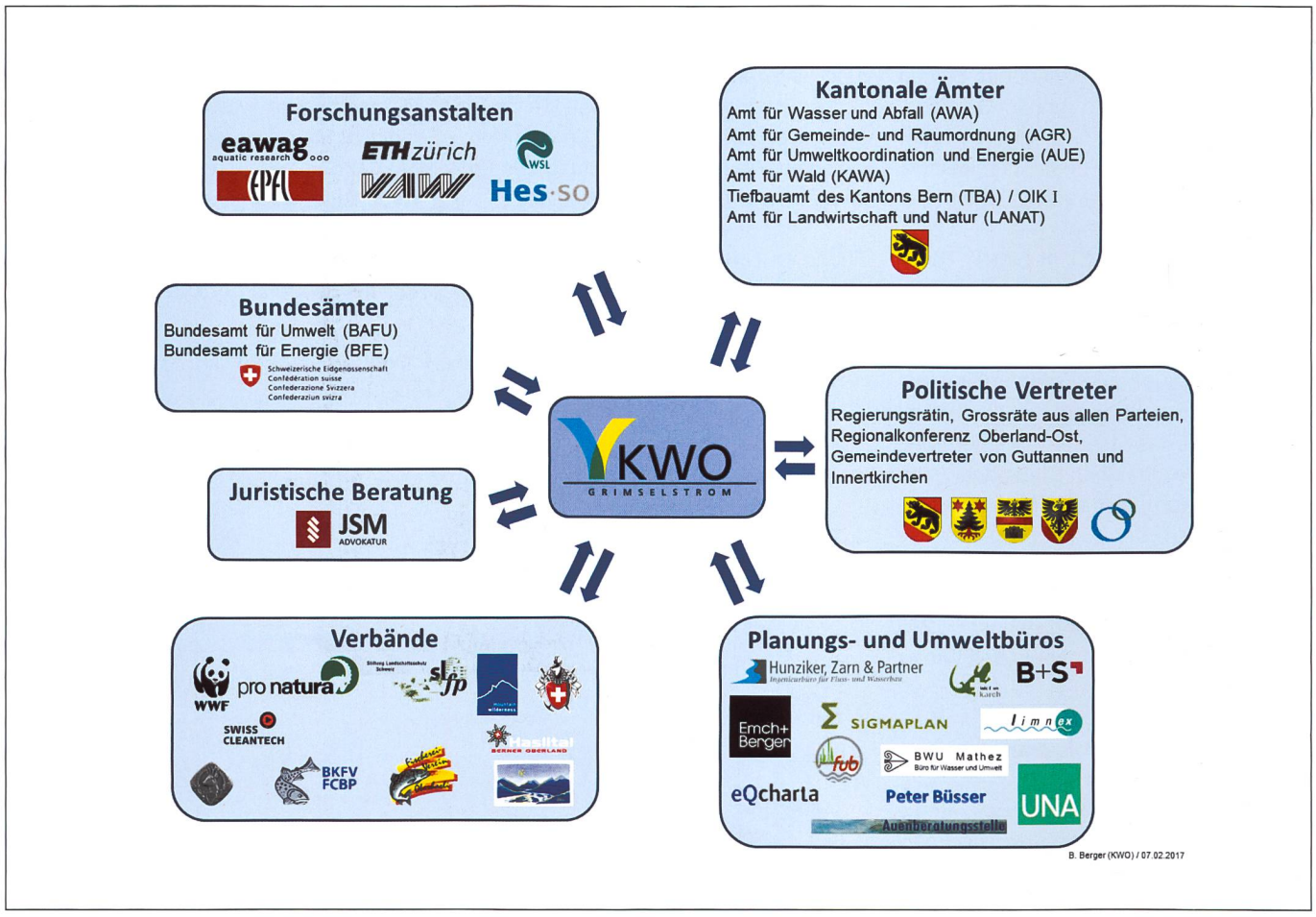


Abbildung 5: Schematische Darstellung des Begleitprozesses. (AWA = Amt für Wasser und Abfall, AUE = Amt für Umwelt und Energie, FI = Fischereiinspektorat, ANF = Abteilung für Naturförderung, JI = Jagdinspektorat, AGR = Amt für Gemeinden und Raumordnung, KAWA = Amt für Wald, TBA = Tiefbauamt).

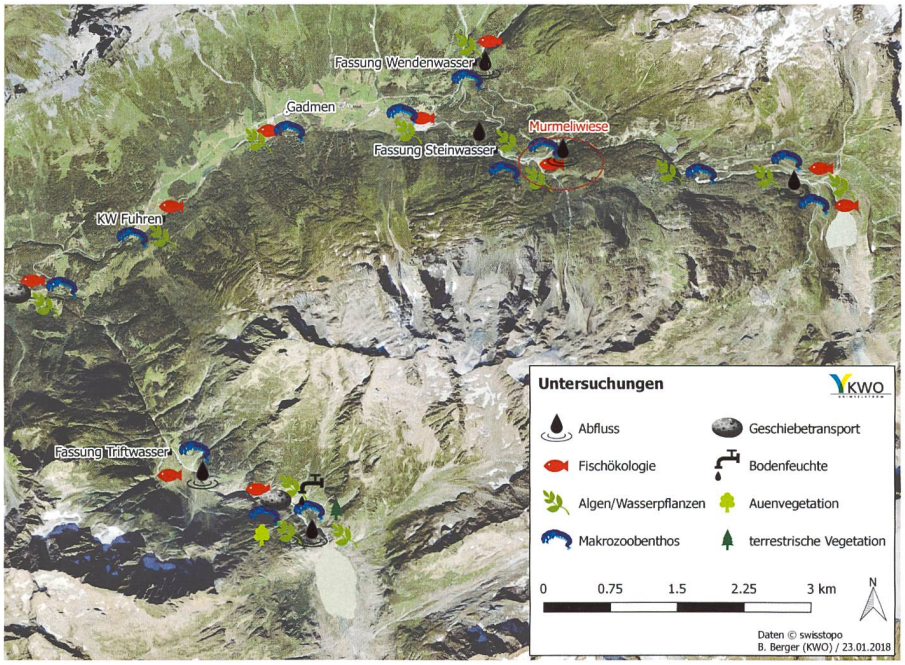


Abbildung 6: Lage der verschiedenen gewässerökologischen Untersuchungsstellen.

4. Ergebnisse des ökologischen Untersuchungsprogramms

Grundlage für den intensiven fachlichen Dialog im Begleitgruppenprozess *(Kap. 3)* bildeten die Ergebnisse des sehr umfangreichen ökologischen Untersuchungsprogramms, das mit Beginn des Projekts gestartet wurde.

4.1 Kurzbeschrieb der künftigen Restwasserstrecken

Die künftige Restwasserstrecke des Triftwassers beginnt unterhalb des künftigen Stausees und verläuft auf den ersten 200 m in einer tiefen Schlucht. Daran anschliessend öffnet sich das Tal im Bereich der Triftaue *(Kap.4.2.4)* auf einer Länge von rund 200 m und erlaubt dem Triftwasser heute, einen leicht verzweigten Verlauf einzunehmen *(Abbildung 8)*. Unterhalb der Triftaue fliesst das Triftwasser auf 1900 m schluchtartig und steil, bis es die bestehende Triftfassung erreicht.

Das Steinwasser verläuft unterhalb der Fassung auf einer Länge von 1600 m in einer steilen und kaum einsehbaren Schlucht. Flussabwärts folgt eine kurze, kanalisierte Flachstrecke (sog. «Murmeliwiese») von rund 300 m Länge, bevor das Steinwasser zusammen mit dem Zufluss des Giglibachs in einer etwa 500 m langen Steilstrecke der bestehenden Steinfassung zufliesst.

Im östlichen Berner Oberland sind rund 70 % der Flächen als Schutzgebiete (z. B. BLN, UNESCO-Kulturwelterbe, Moorlandschaften, Naturschutzgebiete) ausgewiesen. Der ursprüngliche Projektperimeter grenzte an eine Moorlandschaft. Mit der Verschiebung des Fassungsstandorts Stein konnte der Projektperimeter so angepasst werden, dass die Moorlandschaft vom Projekt nicht mehr tangiert wird. Mit dem angepassten Projektdesign sind nun keine Schutzgebiete vom Projekt betroffen.

4.2 Aquatische Untersuchungen

Im Bereich Gewässerökologie wurden die Aspekte Hydrologie, Fischökologie, Makro- und Phytobenthos sowie Auenökologie detailliert untersucht *(Abbildung 6)*.

4.2.1 Hydrologie

Aufgrund der Zugänglichkeit und der Sicherheit (Naturgefahren) wurden die Abflussmessstellen etwas unterhalb (Triftwasser) resp. oberhalb (Steinwasser) der geplanten Fassungsstrandorte eingerichtet. Bei der Bestimmung der wichtigsten hydrologischen Kennwerte *(Tabelle 1)* wurde der Einfluss des Zwischeneinzugsgebiets jeweils flächenproportional berücksichtigt und der Kennwert für den künftigen Fassungsstrandort entsprechend reduziert (Triftwasser), resp. erhöht (Steinwasser).

4.2.2 Fischfauna

In beiden künftigen Restwasserstrecken wurden Elektrobefischungen durchgeführt. Im Triftwasser konnten in den Messkampagnen (2013 und 2016) keine Fische gefunden werden. Im Steinwasser wurden dagegen Bachforellen und Bachsaiblinge gefangen. Trotz der Höhenlage (1350 bis 1800 m ü. M.) kann gemäss Fischexperten von einer natürlichen Reproduktion ausgegangen werden.

Direkt unterhalb der neuen Steinfassung beginnt eine für Fische nicht passierbare Schluchtstrecke, die rund 500 m oberhalb der heutigen Fassung Stein in eine kanalisierte Flachstrecke übergeht (*Abbildung 6,* Murmeliwiese). Die in diesem Abschnitt für eine freie Fischwanderung notwendige Abflussmenge konnte wegen der (noch) fehlenden Fassung nicht mit Dotierversuchen bestimmt werden. Daher mussten die Untersuchungen bei natürlicherweise tiefen Abflüssen im Hochwinter (unter Berücksichtigung der Sicherheitslage) durchgeführt werden.

	Q347	MQ Februar	MQ Juli	MQ ganzes Jahr	Q1	Jährlicher Zufluss
	[l/s]	[l/s]	[m³/s]	[m³/s]	[m³/s]	[m³]
Triftwasser	115	126	8.7	2.7	19	94 Mio.
Steinwasser	68	96	5.8	1.8	13	60 Mio.

Tabelle 1: Die wichtigsten hydrologischen Kennwerte für Trift- und Steinwasser auf Höhe der geplanten Fassungsstrandorte (Messdauer für Niedrigwasser mittlerweile sechs Winter).

Abbildung 7: Impression aus der Messkampagne zur Bestimmung der Wassertiefen in Abhängigkeit vom Abfluss.

Neben der Zugänglichkeit stellte vor allem das aufwendige Freischaufeln des eingeschneiten Bachs eine grosse Herausforderung für das Messteam dar *(Abbildung 7)*. Gemäss Auswertungen der «ausgegrabenen» Querprofile schätzten die Fachexperten die für eine freie Fischwanderung notwendige Abflussmenge auf rund 90 l/s ein.

4.2.3 Makrozoo- und Phytobenthos

Bei der Beurteilung des Makrozoo- und Phytobenthos konnte auf umfangreiche gewässerökologische Untersuchungen im Rahmen der Restwassersanierung (*Schweizer* und *Zeh Weissmann,* 2011) und des Investitionsprogramms KWO plus (*Schweizer et al.,* 2010) zurückgegriffen werden. Zusätzlich wurden im Steinwasser an fünf und im Triftwasser an vier Stellen Proben zu Makrozoo- und Phytobenthos genommen (*Limnex,* 2014, 2016). In beiden Gewässern wurde eine für die Höhenlage typische Artenzusammensetzung mit tendenziell geringen Dichten und Biomassen der Gewässerflora und -fauna vorgefunden. In den künftigen Restwasserstrecken wurden zwei gemäss roter Liste gefährdete Arten (Köcherfliegenlarve Acrophylax cerberus und Wasserschlafmoos Hygrohypnum alpinum) gefunden. Allerdings wurden diese beiden Arten auch in verschiedenen heutigen Restwasserstrecken im Oberhasli bereits nachgewiesen.

4.2.4 Triftaue

Rund 300 m unterhalb des Triftsees befindet sich die 3.1 ha grosse Triftaue. Mit dem Rückzug des Triftgletschers entstand die Triftaue vor etwa 50 Jahren. Aufgrund ihrer Höhenlage (1600 m ü. M.) kann die Triftaue als eine typische alpine Aue charakterisiert werden. Zudem liegt sie in einem engen Taleinschnitt mit entsprechend hohem Schattenwurf. Die Höhenlage und die ungünstige Exposition führen zu einer sehr eingeschränkten Vegetationsphase im Jahr. Obwohl die Aue nicht inventarisiert und relativ kleinräumig ist, wurde ein intensives Untersuchungsprogramm für diesen vielseitigen Lebensraum durchgeführt. Folgende auenökologische Aspekte wurden dabei untersucht:

- Auenvegetation
- terrestrische Fauna
- zeitliche Entwicklung anhand einer Luftbildanalyse
- Bodenfeuchte
- Hochwasser- und Geschiebedynamik
- Versickerung und Aufstossen von Flusswasser im Längsverlauf
- hydraulische Modellierung

Im heutigen Zustand besteht die Triftaue aus einem typischen Mosaik aus verschiedenen Lebensräumen wie beispielsweise Kiesbänken, Inseln, Pionierstandorten, Hochstauden und Gebüschen der Weichholzaue. Mit der Analyse der Luftbilder konnte die bisherige Entwicklung der Triftaue sehr gut rekonstruiert werden. Bis zur Bildung des Triftsees, der im Zuge des Gletscherrückgangs um die Jahrtausendwende entstanden ist, verlief die Entwicklung der Triftaue entsprechend dem Muster alpiner Auen (*Stanford et al.,* 2005): Mit fortlaufender Zeitdauer nahm die Vegetation kontinuierlich zu. Aufgrund der starken Hochwasser- und Geschiebedynamik verschob sich der Verlauf des Triftwassers mit jedem grösseren Hochwasserereignis, wodurch Teile der Vegetation regelmässig wieder zerstört wurden und sog. Pionierstandorte neu entstanden.

Mit dem fortschreitenden Gletscherrückzug bildete sich um die Jahrtausendwende der heutige Triftsee. Der Gletschersee wirkt wie ein riesiger (natürlicher) Geschiebesammler, der einen Geschiebeeintrag in das flussabwärts gelegene Triftwasser verhindert und zudem die Hochwasserereignisse signifikant dämpft.

Aufgrund dieses natürlichen Geschieberückhalts übersteigt die Transportkapazität des Triftwassers bei Weitem das für einen Transport zur Verfügung stehende Gesteinsmaterial. Über die Jahre hat dies zu einer tendenziellen Eintiefung des Triftwassers im Bereich der Triftaue geführt. Während Hochwasserereignissen fehlt dem Gewässer das notwendige Material, um die Morphologie neu zu gestalten und um sein Gewässerbett zu verlegen. Obwohl regelmässig natürliche Hochwasserereignisse auftreten und Uferverbauungen vollständig fehlen, bleibt der Flusslauf des Triftwassers stabil. Bei einem Abfluss von ca. 17 m^3/s (entspricht etwa einem Q2) wird die etwas tiefer liegende Triftaue teilweise überflutet. Aufgrund der topografischen Verhältnisse verteilt sich der Abfluss bei Hochwasserereignissen grossflächig auf das stabile Flussbett und auf die Triftaue. Erst bei Hochwasserereignissen in der Grössenordnung eines HQ30/HQ50 kann die Sohlschub- resp. Schleppspannung in der Triftaue kritische Werte erreichen, die für ein lokales Ausreissen von einzelnen Gebüschen nötig ist (*Hunziker Zarn & Partner,* 2017). Dadurch wird in der Triftaue der typische Sukzessionskreislauf von alpinen Auen unterbrochen. Bei natürlichen Auensystemen ohne Geschiebemangel genügen i. d. R. bereits mittlere Hochwasserereignisse, um grössere Flächen der Weichholzaue zu zerstören. Im Nachgang an ein Hochwasserereignis entstehen in diesen Systemen aus den frei werdenden Flächen ökologisch wertvolle Pionierstandorte.

Die durchgeführte Luftbildanalyse zeigt für die Triftaue seit 2000 eine klare Zunahme der Weichholzaue (fast ausschliessliche Grünerlen, vgl. *Abb. 8*). Die Ausbreitung der Grünerlen steht dabei in einem direkten Zusammenhang mit der fast vollständig zum Erliegen gekommenen Geschiebedynamik. Unabhängig von einer Realisierung des Triftprojekts wird diese Entwicklung weiter voranschreiten, und die konkurrenzstarken Grünerlen werden die Triftaue mittelfristig nahezu gesamthaft überwachsen *(Roulier 2017)*.

Eine detaillierte Beschreibung der Auenökologie der Triftaue findet sich in *Schweizer et al.* (2019).

Abbildung 8: Impressionen des Triftwassers und der Triftaue.

4.3 Landschaftliche Aspekte

Zur Beurteilung der landschaftlichen Auswirkungen des Projekts wurden in einem ersten Schritt die beiden künftigen Restwasserstrecken in homogene Landschaftsräume unterteilt. Anschliessend wurde die touristische und landschaftliche Bedeutung von jedem Landschaftsraum anhand von Erreichbarkeit und Einsehbarkeit bewertet. In einem letzten Schritt wurden die Auswirkungen eines reduzierten Abflusses auf den landschaftlichen Wert beurteilt. Diese Bewertung basiert auf den Aspekten Vielfalt, Eigenart und Ursprünglichkeit einer Landschaft. Die hier angewendete Methodik entspricht dem BAFU-Leitfaden «Landschaftsästhetik» (*BUWAL,* 2001) sowie der entsprechenden Arbeitshilfe (*BUWAL,* 2005) und wurde in die gewässerökologische Bewertungsmethode integriert *(Schweizer et al., 2012b* und *Kap. 5.2).*

4.4 Terrestrische Untersuchungen

Sowohl in der Bau- wie auch in der anschliessenden Betriebsphase wird das Projekt neben aquatischen auch terrestrische Lebensräume beeinträchtigen. Die grössten ökologischen Beeinträchtigungen treten dabei in der Betriebsphase mit dem Aufstau des Triftsees und der damit verbundenen Überflutung einer Fläche von 82 ha auf. Um alle künftigen Beeinträchtigungen qualitativ und quantitativ bestimmen zu können, wurde ein sehr intensives und äusserst umfangreiches Untersuchungsprogramm durchgeführt. Dabei wurden die in *Tabelle 2* zusammengefassten Aspekte von unterschiedlichen Fachspezialisten untersucht.

In Kapitel 5.5 werden die terrestrische Bilanzierung sowie die daraus resultierenden Ersatzmassnahmen kurz beschrieben.

Fachgebiet	Institut / Büro / Fachspezialist
Wald	KWO (S. Fahner, M. Rohrer)
Flechten	WSL (C. Scheidegger)
Pilze	WSL (B. Senn)
Moose	FUB (N. Schnyder)
Gefässpflanzen	UNA (M. Ryf)
Lebensräume Pflanzen	UNA (M. Ryf), B+S (A. Righetti), KWO (E. Staubli, M. Rohrer)
Libellen	M. Steffen
Tagfalter	Arbeitsgemeinschaft (A. Jaun, HP. Wymann, W. Wipking)
Vögel	B+S (A. Righetti)
Fledermäuse	BRCCI (P. Zingg)
Säugetiere	B+S (A. Righetti)
Kleinsäuger	S. Capt
Amphibien	karch (A. Meyer)
Reptilien	karch (A. Meyer)

Tabelle 2: Terrestrische Untersuchungen.

5. Ökologischer Rahmen des Projekts

Der in *Kapitel 3* beschriebene Begleitprozess führte zu einer Übereinkunft, da alle Beteiligten in der Sache kompromissbereit und lösungsorientiert diskutierten und entsprechend agierten. In den folgenden Unterkapiteln werden die wichtigsten ökologischen Eckpunkte für die Lösungsfindung kurz beschrieben.

5.1 Restwasser

Bei der Festlegung der künftigen Restwassermengen wurden in einem ersten Schritt die Art. 31–33 GSchG angewendet. Es wurden also Dotierwassermengen festgelegt, die ohne eine Schutz- und Nutzungsplanung (Art. 32 GSchG) eingehalten werden müssten. Dabei wurden u. a. folgende Grundsätze verfolgt:

(I) Als minimaler winterlicher Abfluss wurde das Q347 gewählt. Aufgrund des glazialen Abflussregimes unterscheiden sich die mittleren monatlichen Abflüsse von Februar und Juli in den künftigen Restwasserstrecken um einen Faktor 60 bis 70 *(Tabelle 1).* Bei den sehr geringen Abflüssen im Hochwinter nimmt die benetzte Breite und damit der zur Verfügung stehende aquatische Lebensraum sehr stark ab. Aus ökologischer Sicht dürften daher gerade diese tiefen Abflüsse limitierend wirken. Auch wenn eine Unterschreitung bei einem Nichtfischgewässer theoretisch zulässig wäre, wurde im Fall des Triftwassers darauf verzichtet.

(II) Die aquatischen Organismen haben sich im Lauf der Zeit auf die grossen saisonalen Unterschiede in der Wasserführung eingestellt, z. B. durch Anpassungen im Lebenszyklus und im Verhalten. Um diesem Umstand Rechnung zu tragen, wurden saisonale Erhöhungen bei der Dotierwassermenge vorgenommen. Dabei wurde einerseits die Verfügbarkeit von aquatischen Habitaten qualitativ berücksichtigt. Anderseits wurde in der Flachstrecke des Steinwassers *(Kapitel 4.1* und *Abbildung 6)* die für eine freie Fischwanderung notwendige Wassertiefe beachtet.

(III) Aufgrund der touristischen Bedeutung wurde für die Sommerdotierung zudem die landschaftliche Wirkung von unterschiedlichen Restwassermengen berücksichtigt.

(IV) Ökosysteme von Fliessgewässern sind i. d. R. auf wiederkehrende Hochwasserereignisse angewiesen, die u. a. zu einer Dekolmatierung der Sohle, zu morphologischen Veränderungen und zum Entstehen von Pionierstandorten führen. Im Triftwasser waren daher insbesondere die ökologischen Ansprüche der Triftaue (Überflutungsdynamik, Erhalt eines kleinräumigen Feuchtgebiets) zu berücksichtigen.

Mit dem Entscheid, für das Projekt eine Schutz- und Nutzungsplanung (SNP) durchzuführen, wurde in einem zweiten Schritt abgewogen, in welchen Monaten eine Reduktion der Restwassermengen unter ökologischen und landschaftlichen Aspekten vertretbar und durch andere ökologische Aufwertungen *(Kapitel 5.3)* kompensiert werden kann.

5.2 Gewässerökologische Bilanzierungsmethode

Um die Auswirkungen des künftigen Restwasserregimes auf das aquatische Ökosystem zu beurteilen und soweit möglich zu quantifizieren, wurde auf die Bewertungsmethode SNP KWO plus (*Schweizer et al.,* 2012b) zurückgegriffen. Dabei wurden die vom Projekt betroffenen Fliessgewässer in homogene Abschnitte unterteilt und anhand von ökologischen Faktoren gewichtet *(Tabelle 3*). Anschliessend erfolgte für verschiedene Zustände (Ist-Zustand, Projekt mit Restwasser gemäss Art. 31–33, resp. SNP und ökologischen Massnahmen, Zustand ohne Wasserkraftnutzung) eine Bewertung von jedem Abschnitt mit sechs ökologischen Indikatoren *(Tabelle 3).*

Im Rahmen des Begleitprozesses wurde entschieden, Anpassungen und Ergänzungen an der Bewertungsmethode SNP KWO Plus vorzunehmen. So wurde bei den Indikatoren I1 Restwasser und I5 aquatische Habitate die Klasseneinteilung

Abschnittsgewicht (Gx) / Indikator (Ix)
G1 Natürlicher mittlerer Abfluss
G2 Abschnittslänge
G3 Ökologisches Potenzial
G4 Landschaftliche Bedeutung
I1 Restwasser
I2 Hochwasser- / Geschiebedynamik
I3 Ökomorphologie
I4 Auen & Ufervegetation
I5 Aquatische Habitate
I6 Landschaft
B+S (A. Righetti)
S. Capt
karch (A. Meyer)
karch (A. Meyer)

Tabelle 3: Verwendete Indikatoren (I) und Abschnittsgewichtungen (G) für die gewässerökologische Bewertung des Triftprojekts.

Massnahme	Ökopunkte	Länge (m)
Flussrevitalisation Gadmerwasser Fuhren-Nord	1.5	700
Flussrevitalisation Gadmerwasser Fuhren-Mitte	0.6	400
Flussrevitalisation Gadmerwasser Fuhren-Süd	1.2	120
Rückbau Fassung Fuhren	2.9	4'700
Flussrevitalisierung Urbachwasser	1.9	200
Nutzungsverzicht oberes Wendenwasser	1.7	3'200
Nutzungsverzicht Treichigraben	0.8	960
Nutzungsverzicht Giglibach	0.9	700

Tabelle 4: Kurzbeschrieb der gewässerökologischen Massnahmen im Rahmen des Triftprojekts.

verschärft. Ausserdem wurden beim Indikator I2 Hochwasser- und Geschiebedynamik noch der Aspekt Niedrigwasser ergänzt und beim Indikator I5 a quatische Lebensräume eine qualitative Beschreibung der Strukturen für eine bessere biologische Aussagekraft zusätzlich mitaufgenommen.

5.3 Gewässerökologische Massnahmen

In *Tabelle 4* werden die im Rahmen des Triftprojekts vorgesehen gewässerökologischen Massnahmen zusammengefasst. Ein grosser Schwerpunkt bei den ökologischen Aufwertungen liegt bei den Flussrevitalisierungen im Talgewässer des Gadmentals mit einer Gesamtlänge von gut 1200 m. Flankiert werden diese Aufwertungen durch den Rückbau der Fassung Fuhren, womit künftig naturnahe Abflussverhältnisse auf einer Fliesslänge von 4700 m erreicht werden können. Von diesen ökologischen Massnahmen profitieren insbesondere die heimische Bachforelle und die typische Flora und Fauna an und im Gewässer.

Mit der Flussrevitalisierung im unteren Urbachwasser soll insbesondere das Angebot an Laichplätzen für Seeforellen verbessert werden.

Die Nutzungsverzichte von Treichigraben, Giglibach und Wendenwasser gewährleisten für die Konzessionsdauer des Triftprojekts ein natürliches Abflussregime in diesen morphologisch unbeeinträchtigten Gewässern. Insbesondere bleibt mit dem Nutzungsverzicht des Giglibachs dessen erhebliche Bedeutung für die Landschaft des oberen Gadmentals langfristig erhalten.

5.4 Gewässerökologische Bilanz

Die künftige Restwasserführung *(Kap. 5.1)* wird die aquatischen Lebensräume von Trift- und Steinwasser beeinträchtigen. Mit dem gewässerökologischen Bewertungssystem *(Kap. 5.2)* können diese Auswirkungen formal bewertet werden. Das Defizit beträgt für das Szenario SNP 10.1 Ökopunkte. Demgegenüber kann mit dem in *Kap. 5.3* beschriebenen Massnahmenpaket eine ökologische Aufwertung von 11.5 Ökopunkten erzielt und so eine rechnerische Kompensation erreicht werden.

Neben einer rein auf die Bilanzierungsmethodik abgestützten Beurteilung können auch weitere Kennwerte für einen Direktvergleich herangezogen werden. Durch das Projekt werden die Restwasserstrecken in Stein- und Triftwasser um insgesamt 4700 m verlängert. Dem steht eine Gesamtfliesslänge von über 1400 m an morphologisch aufgewerteten Gewässerabschnitten gegenüber. Zudem kann mit der Fassungsaufgabe Fuhren ein naturnahes Abflussregime auf einer Länge von 4700 m wiederhergestellt werden.

Die künftigen Restwasserstrecken liegen zwischen 300 und 1100 Höhenmeter oberhalb der vorgesehenen Aufwertungsmassnahmen, verlaufen grösstenteils schluchtartig (bis auf die Triftaue [vgl. *Kap. 4.2.4*] und eine kürzere Flachstrecke im Steinwasser) und sind als Fischgewässer von geringer Bedeutung (Steinwasser) resp. werden von Fischen nicht besiedelt (Triftwasser). Mit den Flussrevitalisierungen werden im Vergleich dazu die grossen Talgewässer Gadmerwasser und Urbachwasser ökologisch aufgewertet. Insbesondere für die heimische Fischfauna besteht bei diesen beiden Flüssen ein sehr grosses ökologisches Aufwertungspotenzial.

5.5 Sanierung Wasserkraft (Fischgängigkeit, Geschiebe, Schwall / Sunk)

Fischgängigkeit

Da im oberen Triftwasser und im heutigen Triftsee keine Fische vorkommen, stellt sich die Frage der Fischgängigkeit und des Fischschutzes beim künftigen Aufstau des Triftsees nicht. Die künftige Steinfassung liegt in einer Steilstrecke, die für Fische auch heute nicht passierbar ist. Daher sind auch an dieser Fassung keine Massnahmen zur Fischwanderung vorgesehen.

Geschiebehaushalt

Aufgrund des natürlichen Geschieberückhalts des heutigen Triftsees *(Kap. 4.2.4)* unterliegt der künftige Aufstau des Triftsees keiner Sanierungspflicht hinsichtlich Geschiebehaushalt. Bei der geplanten Fassung Steingletscher wird das zufliessende Geschiebe vollständig an das Unterwasser weitergegeben, und somit werden die Anforderungen für einen freien Geschiebetrieb ebenfalls erfüllt. Bei beiden Fassungen sind zudem Hochwasserdotierungen, die einen Weitertransport des Geschiebes gewährleisten, vorgesehen.

Schwall / Sunk

Mit dem zur Verfügung stehenden Speichervolumen im geplanten Triftsee lässt sich künftig auch im Gadmental das zufliessende Wasser saisonal speichern. Zudem erlaubt der neue Speicher eine bedarfsgerechte Stromproduktion. Beides hat einen direkten Einfluss auf das Betriebsregime im Kraftwerk Innertkirchen 2, welches heute in das Beruhigungsbecken entwässert. In einer wissenschaftlichen Studie wurde die Dämpfungswirkung des bestehenden Beruhigungsbeckens und des Speicherstollens auf das neue Betriebsregime untersucht (*Meier et al.*, 2016, *EAWAG/EPFL*, 2016). Dabei zeigte sich, dass die in der Sanierungsverfügung festgelegten Schwallkennwerte mit dem heutigen Zwischenspeicher auch künftig eingehalten werden können.

5.6 Terrestrische Bilanz und Ersatzmassnahmen

Bei den negativen Projektauswirkungen auf die terrestrischen Lebensräume sind in erster Linie die oberhalb des heutigen Triftsees liegenden Flächen zu nennen, die mit dem künftigen Aufstau überflutet werden. Weitere Beeinträchtigungen werden die heutigen Weideflächen erfahren, die im Zuge von Deponierungen die ersten Jahre in ihrem heutigen ökologischen Wert gemindert werden. Störungen durch die temporären Installationsflächen oder Verbauungen nehmen dagegen eine eher untergeordnete Rolle ein.

Für die Bestimmung der terrestrischen Bilanz wurde auf eine gegenüber der offiziellen BAFU-Methode (*Kägi et al.*, 2002) leicht angepassten Methodik (*Kasper et al.*, 2014, *Meyer*, 2016) zurückgegriffen.

Als wichtigste Ersatzmassnahmen werden u. a. die grossflächige Aufwertung und Sicherung von Trockenwiesen und -weiden, ein grosses Waldreservat sowie verschiedene Amphibien- und Reptilienmassnahmen umgesetzt. Zusätzlich wer-

den für verschiedene Artengruppen spezielle Schutzmassnahmen, wie beispielsweise das Versetzen von ausgewählten Flechten, Moosen und Gefässpflanzen oder das Anlegen von speziellen auf ausgewählte Arten ausgerichtete Biotopen, durchgeführt.

6. Fazit

Bei Projektbeginn standen sich die verschiedenen Interessen (Ökologie, Landschaftsschutz, Energiewende, Wirtschaftlichkeit) teilweise diametral gegenüber. Rückblickend ist es daher alles andere als selbstverständlich, dass mit den Vertreter/-innen im Ausschuss und in der Fachgruppe *(vgl. Kap. 3)* für alle relevanten ökologischen und technischen Fragestellungen eine Lösung gefunden werden konnte. Dieser positive Ausgang des partizipativen Prozesses ist auf verschiedene Gründe zurückzuführen. Aus Sicht der Autoren sind als wichtigste folgende zu nennen:

- umfassender und gut strukturierter Begleitprozess mit einer «offenen Tür» für alle relevanten Stakeholder
- detaillierte ökologische Untersuchungen zur Beurteilung von Beeinträchtigungen und ökologischem Potenzial von Aufwertungen
- von allen Beteiligten akzeptierte Bewertungsmethoden für aquatische und terrestrische Aspekte
- eine grundsätzliche Übereinstimmung hinsichtlich der energiepolitischen Bedeutung des Triftprojekts
- konstruktives, offenes und lösungsorientiertes Vorgehen im Begleitprozess von allen Beteiligten

Trotz des sehr breit angelegten Partizipationsprozesses ist eine Einsprache von zwei Umweltschutzorganisationen, die im Ausschuss nicht teilnehmen wollten, eingegangen. Inwieweit diese Einsprache die weitere Entwicklung des Triftprojekts beeinflusst, wird sich in den kommenden Jahren zeigen.

Quellen:

Bauder, A. (2006): Anhaltender Schwund der Schweizer Gletscher. Deutliche Massenverluste wegen geringer Winterniederschläge. Neue Zürcher Zeitung, Nr. 33, S.17 (09.02.2006), Zürich.

BFE (2015): Liste KEV Bezüger 2015.

BFE (2019): Medienmitteilung des Bundesamts für Energie hinsichtlich Ausbaupotenzials von Photovoltaik. https://www.bfe.admin.ch/bfe/de/home/news-und-medien/medienmitteilungen/mm-test.msg-id-74641.html

Bundesamt für Energie (2012): Wasserkraftpotenzial der Schweiz – Abschätzung des Ausbaupotenzials der Wasserkraftnutzung im Rahmen der Energiestrategie 2050, Bern.

Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft BUWAL (2001): Landschaftsästhetik. Wege für das Planen und Projektieren. Leitfaden Umwelt Nr. 9. Bern: BUWAL.

Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, BUWAL (2005): Arbeitshilfe Landschaftsästhetik. *Leitfaden Umwelt Nr. 9. Bern:* BUWAL.

Bundestamt für Umwelt (2003): Naturgefahren. Wenns warm wird in den Bergen. Umwelt, 2/03, S. 12–15, Bern.

BWU Mathez (2015): Abflussüberwachung des Stein- und Triftwassers. Bericht im Auftrag der KWO.

EAWAG/EPFL (2016): WP1 – Schwall/Sunk-Sanierungsmassnahmen: Wirkung des Dämpfungsbeckens Innertkirchen nach der Realisierung des Triftprojekts. Bericht 1.2: Simulation des Betriebs des Dämpfungsbeckens unter Berücksichtigung künftiger Betriebsszenarien.

Emch+Berger (2014): Konzessionsprojekt 2010 Vergrösserung Grimselsee, Umweltverträglichkeitsbericht 1. Stufe, Ergänzungen/Teil 2: Revidierter Massnahmenkatalog, Emch+Berger 2014.

Häberli, W., Bütler, M., Huggel, C. Müller, H. und Schless, A. (2013): Neue Seen als Folge des Gletscherschwundes im Hochgebirge – Chancen und Risiken. NELAK, Forschungsbericht, NFP 61.

Hunziker Zarn und Partner (2017): Triftaue am Triftwasser (BE). Geschiebetechnische und morphologische Beurteilung und Massnahmenvorschläge zur Dynamisierung. Technischer Bericht im Auftrag der KWO.

Kägi, B.; Stalder, A.; Thommen, M. (2002): Wiederherstellung und Ersatz im Natur- und Landschaftsschutz. Hrsg. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Leitfaden Umwelt Nr. 11, Bern.

Limnex (2014): *Kurzbericht:* Untersuchungen im Stein- und Triftwasser. Querprofilaufnahmen, Makrozoobenthos und äussere Aspekte. Bericht im Auftrag der KWO.

Limnex (2016): Makrozoobenthos im Triftwasser. Bericht im Auftrag der KWO.

Meier, P., Manso, P., Bieri, M., Schleiss, A.J., Schweizer, S., Fankhauser, A. und Schwegler, B. (2016): Hydro-peaking mitigation measures: performance of a complex compensation basin considering future system extensions. Conference Paper, HYDRO2016, Montreux.

Meyer, A. (2016): Bewertung von aufgewerteten Reptilienhabitaten. Kurzbericht im Auftrag der KWO.

Regierungsrat des Kantons Bern (2010): Wassernutzungsstrategie 2010.

Roulier, C. (2017): Zeitliche Entwicklung der Triftauen (Oberhasli, BE). Massnahmen zur Kompensation der Projektauswirkungen vor Ort. Bericht im Auftrag der KWO.

Schleiss, A. (2012): Talsperrenerhöhungen in der Schweiz: energiewirtschaftliche Bedeutung und Randbedingungen. Wasser Energie Luft 2012(3): 199–203.

Schweizer, S., Meyer, M., Heuberger, N., Brechbühl, S. und Ursin, M. (2010): Zahlreiche gewässerökologische Untersuchungen im Oberhasli. Wichtige Unterstützung des partizipativen Begleitprozesses von KWOplus. «Wasser Energie Luft», 4, 289–300.

Schweizer, S. und Zeh Weissmann, H. (2011): Restwassersanierung der genutzten Gewässer im Oberhasli. «Wasser Energie Luft», 1, 25–30.

Schweizer S., Zeh Weissmann H. und Ursin M. (2012a): Der Begleitgruppenprozess zu den Ausbauprojekten und zur Restwassersanierung im Oberhasli. «Wasser Energie Luft» 2012(1):11–17.

Schweizer, S., Zeh Weissmann, H., Wagner, T. und Brechbühl, S. (2012 b): Ökologische Bilanzierungsmethode für die Schutz- und Nutzungsplanung im Oberhasli. «Wasser Energie Luft» 2012(1): 18–29.

Schweizer, S., Niedermayr, A., Roulier, C., Döring, M., Meyer, M., Schläppi, S. Baumgartner, J., Berger, B., Rohrer, M., Fahner, S., Schwegler, B., Fankhauser, A. (2019): Entwicklungsszenarien einer alpinen Aue bei einem natürlichen Geschiebedefizit – die Triftaue im Oberhasli. «Wasser Energie Luft» 2019(1): 223–234.

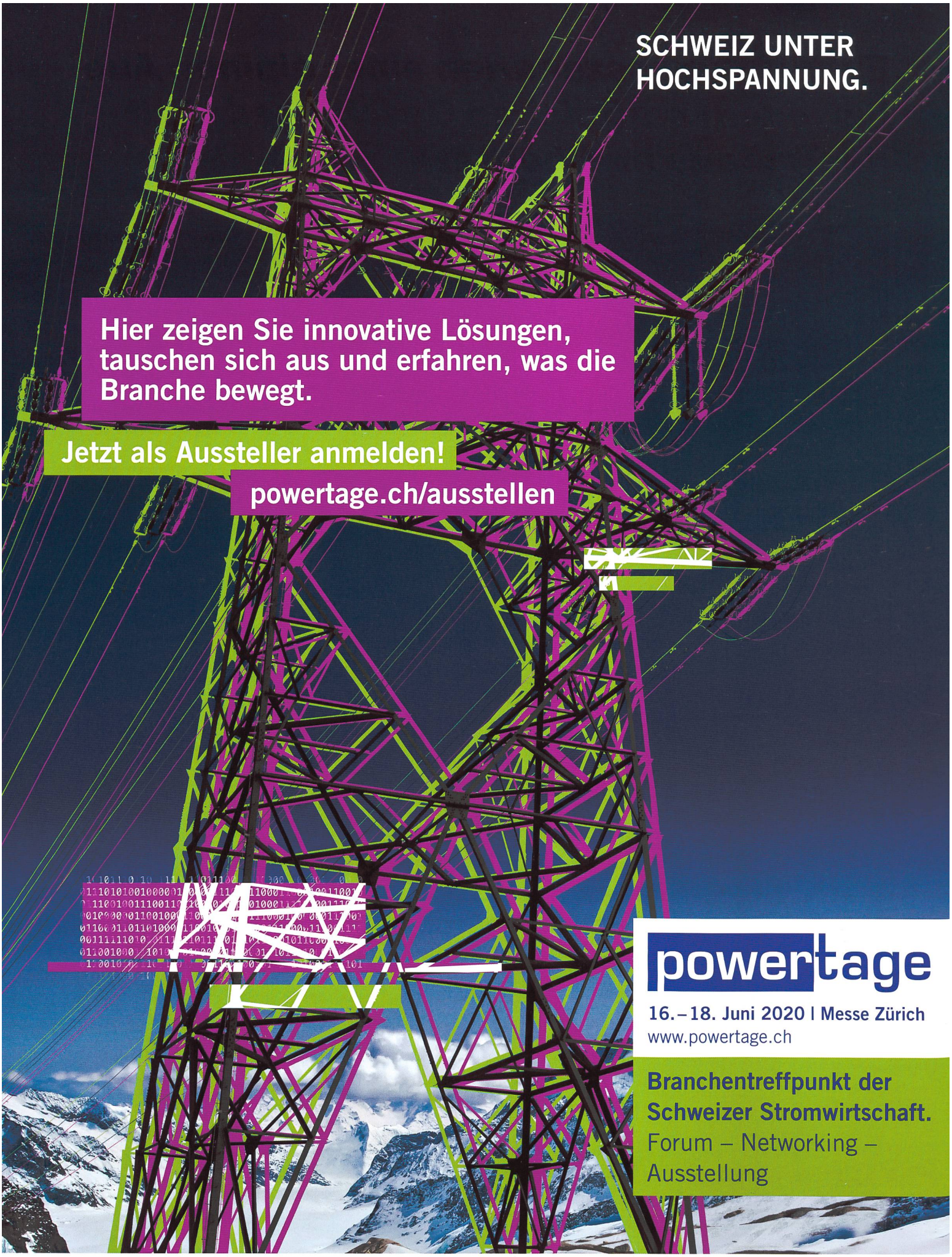
Steffen, B., Hischier, D und Schmidt, T.S. (2008): Current and future energy performance of power generation technologies in Switzerland. Studie der ETH Zürich.

Swissgrid (2016): Bericht Winter 2015/16 – Bewältigung der angespannten Energie-und Netzsituation, Laufenburg.

Stanford, J.A., Lorang, M.S. and Hauer, F. R. (2005): The shifting habitat mosaic of river ecosystems. Verh. Internat. Verein. Limnol. 29: 123–136.

Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie VAW (2014): Gletscher- und Abflussentwicklung im Einzugsgebiet Wenden, Stein und Trift. 1930 bis 2100. Bericht im Auftrag der KWO.

Anschrift:
Steffen Schweizer
Kraftwerke Oberhasli AG
3862 Innertkirchen
sste@kwo.ch



Partner

electro suisse

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

VSE AES

Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra
Bundesamt für Energie BFE

swissmig