Zeitschrift: Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria
Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband
Band: 112 (2020)
Heft: 4

Artikel: Realisierte Massnahmen für den Fischschutz und die Fischwanderung
Autor: Scherngell, Alfredo / Balestra, Andrea / Boden, Frederic
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-941703

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: 23.08.2025

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

Erneuerung Kraftwerk Dietikon:

Realisierte Massnahmen für den Fischschutz und die Fischwanderung

Alfredo Scherngell, Andrea Balestra, Frederic Boden, Martina Breitenstein

Zusammenfassung

Im Herbst 2017 hat der Kanton Zürich die Baubewilligung für die Erneuerung des bestehenden Ausleitkraftwerks Dietikon für weitere 60 Jahre erteilt. Damit wurden auch die Sanierungsmassnahmen für die Wiederherstellung der Fischgängigkeit bei der Kraftwerksanlage genehmigt. Die Planung der Massnahmen war aufgrund der Bestandsanlage und der beengten Platzverhältnisse in der innerstädtischen Lage eine grosse Herausforderung. In einem partizipativen Prozess wurden zusammen mit den Behörden, Umweltverbänden und weiteren Stakeholdern die bestmöglichen Lösungen für den Fischschutz sowie teils innovative Bauwerke für die Fischwanderung festgelegt. Seit dem Abschluss der Realisierung (Bauzeit Frühling 2018 bis Herbst 2019) stellt ein Horizontalrechen (Fläche >200 m²) den Fischabstieg über den neu erstellten Bypass beim Hauptkarftwerk sicher. Zusammen mit den neuen fischschonenden Turbinen wird die Gefahr für abwandernde Fische damit auf ein Minimum reduziert. Um die flussaufwärts gerichtete Fischwanderung zu gewährleisten wurden sowohl beim Hauptkraftwerk wie auch beim neuen Dotierkraftwerk auf dem Wehrsporn eine Fischaufstiegshilfe vom Typ enature® gebaut.

1. Einleitung

Das Wasserkraftwerk Dietikon ist ein Ausleitkraftwerk an der Limmat, das auf eine lange Geschichte zurückblicken kann. Die Anfänge gehen auf das Jahr 1860 zurück. Damals wurde die Wasserkraft an diesem Standort erstmals mechanisch für eine Weberei genutzt. Ab 1888 kam es zu mehreren Umbauten zwecks Stromproduktion, welche schliesslich 1894 zum Bau des ersten Wasserkraftwerks mit drei Turbinen führten.

1908 übernahmen die Elektrizitätswerke des Kantons Zürich (EKZ) das Kraftwerk Dietikon. Aufgrund der alternden Bausubstanz entschied sich EKZ in den 30er-Jahren des letzten Jahrhunderts für einen kompletten Neubau des Kraftwerks. 1931 bis 1933 wurden das heute noch in Betrieb stehende Wehr, der Ober- und Unterwasserkanal zur Ausleitung und Rückgabe des Wassers sowie das Maschinenhaus mit den von drei auf zwei reduzierten Maschinengruppen gebaut. Aufgrund der erhöhten Staukote des Wehrs, welche 1947 nochmals auf die heute noch gültige Staukote von 385,30 m ü. M. erhöht wurde, war bereits damals eine deutliche Leistungssteigerung und Erhöhung der Stromproduktion möglich. Das Kraftwerk war danach bis Mai 2018 in Betrieb und hatte eine durchschnittliche Jahresproduktion von 17,67 GWh.

Bereits im März 1999 startete EKZ das Verfahren für die Erneuerung der Konzession des Kraftwerks Dietikon, welche Ende 2011 nach 80 Jahren auslief. Das Verfahren erwies sich als überaus langwierig, was die Festlegung der neuen Restwassermenge für die Restwasserstrecke unterhalb des Stauwehrs und den Umfang der ökologischen Ausgleichsmassnahmen sowie die Bewertung des Nutzens der konkreten Einzelmassnahmen betraf. Dazu kamen regulatorische Einflüsse, insbesondere mit der Einführung der kostendeckenden Einspeisevergütung (KEV) im Jahr 2009. Mit der Möglichkeit der KEV bot sich für EKZ die Gelegenheit, das zukünftig abzugebende Restwasser in einem neuen Dotierkraftwerk (DKW) für eine zusätzliche Stromproduktion zu nutzen. Für das daraufhin angepasste Konzessionsprojekt wurde im November 2016 die neue Konzession für eine Dauer von 60 Jahren sowie im Oktober 2017 die Baubewilligung erteilt. Der Umbau des bestehenden Hauptkraftwerks (HKW) und der Neubau des Dotierkraftwerks, inklusive der neuen Fischwanderhilfen sowie des Grossteils der ökologischen Ersatz-, Hochwasserschutz- und Erholungsmassnahmen, wurden in weniger als zwei Jahren Bauzeit realisiert. Ende 2019 konnten die neuen Kraftwerke mit den Fischwanderhilfen erfolgreich in Betrieb genommen werden.

2. Systemüberblick

2.1 Die Fischfauna der Limmat in Dietikon und Migrationswege

Die Limmat in Dietikon liegt fischbiologisch in der Barbenregion. Sie ist Lebensraum für mehr als 20 verschiedene Fischarten *(WFN, 2016)*. Alet und Barben sind die am häufigsten nachgewiesenen Fischarten, jedoch ist die Limmat in Dietikon auch Lebensraum der in der Schweiz vom Aussterben bedrohten Nase oder der stark gefährdeten Äsche. Letztere zwei Arten kommen allerdings nur in kleinen Dichten vor. Um die Vielfalt der aquatischen Fauna und den genetischen Austausch zwischen den einzelnen Populationen nachhaltig zu fördern, ist die freie Durchwanderbarkeit – sowohl flussaufwärts als auch flussabwärts – von zentraler Bedeutung.

Vor dem Neubau der Fischwanderhilfen war der Fischaufstieg ausschliesslich durch einen Beckenpass mit Schlupfloch und Kronenausschnitt im Bereich des Wehres möglich, für den Abstieg blieb den Fischen nur der Weg via die Turbinen oder den Wehrüberfall.

Im Rahmen der Konzessionserneuerung und in Abstimmung mit der Sanierungsplanung Fischgängigkeit des Bundes wurden Fischwanderhilfen erstellt, welche den Fischauf- sowie den Fischabstieg im Konzessionsgebiet des Kraftwerks Dietikon sicherstellen sollen.

2.2 Anlagenbeschreibung

Die konzessionierte Wassermenge beträgt 120 m³/s. Die Restwassermenge wurde mit der neuen Konzession auf 10 m³/s im Winterhalbjahr und 15 m³/s im Sommerhalbjahr festgelegt. Aufgrund des gegebenen

Bild 1: Übersicht Kraftwerk Dietikon (Foto: EKZ).

Fassungsvermögens des bestehenden Oberwasserkanals wurde eine Aufteilung von 95 m^3/s Ausbauwassermenge beim Hauptkraftwerk und 25 m^3/s beim neuen Dotierkraftwerk gewählt.

Die Stauhaltung erfolgt durch das bestehende Wehr mit vier Wehrfeldern, welches unmittelbar oberhalb der Überlandstrasse in Dietikon liegt. Die Staustrecke oberhalb des Wehrs beträgt 2,5 km und die Restwasserstrecke unterhalb des Wehrs bis zur Wasserrückgabe 1,4 km. Aufgrund der Umnutzung des ehemaligen Industriegebiets angrenzend an das Hauptkraftwerk in ein Wohn- und Geschäftsquartier akzentuiert sich zunehmend die innerstädtische Lage der Kraftwerksanlagen.

Vom Wehr erfolgt die Ausleitung über einen 410 m langen trapezförmigen Oberwasserkanal zum Hauptkraftwerk. Um die mit der neuen Konzession erhöhte Mindestrestwassermenge nutzen zu können, wurde auf dem Wehrsporn ein neues Dotierkraftwerk errichtet (vgl. *Bild 1*). Beim Dotierkraftwerk wird das Dotierwasser am Beginn des Oberwasserkanals gefasst, über eine horizontale Kaplan-Rohrturbine (Bulbturbine) verarbeitet und noch vor der Überlandstrassenbrücke wieder der Restwasserstrecke zurückgegeben. Um die Fischwanderung sicherzustellen, wurde beim Dotierkraftwerk zusätzlich zum bestehenden Fischpass beim Wehr eine neue Fischaufstiegsanlage vom Typ enature® erstellt. Der Fischschutz wird beim Dotierkraftwerk über einen horizontalen Feinrechen mit 20 mm Stababstand sichergestellt. Aufgrund der Ausrichtung des Rechens parallel zur Strömung werden die Fische für den Fischabstieg zum Hauptkraftwerk weitergeleitet. Das Dotierkraftwerk hat mit einer Ausbauwassermenge von 25 m^3/s eine erwartete jährliche Stromproduktion von 3,61 GWh.

Beim bestehenden Hauptkraftwerk wurden nebst einiger baulicher Erneuerungen die beiden Maschinengruppen inklusive der Hilfseinrichtungen komplett ersetzt. Die neuen vertikalen Kaplan-Turbinen wurden dabei in die bestehenden Saugrohre eingesetzt. Auch die Einlaufspiralen wurden aus dem Bestandsbau beibehalten. Neu designt wurden hingegen die Einlaufkonusse welche zusammen mit dem kompletten Neubau des Einlaufbereichs neu erstellt wurden. Der Umbau des Einlaufbereichs war notwendig, da anstatt des bisherigen Vertikalrechens mit 72 mm lichtem Stababstand neu der grösste Horizontalrechen im deutschsprachigen Raum, mit 20 mm lichtem Stababstand und einer Fläche von 212 m^2, den Fischabstieg beim Kraftwerk Dietikon ermöglicht. Durch den in einem 45°-Winkel zur Fliessrichtung stehenden Rechen werden die Fische auf die rechte Kanalseite geleitet. Dort werden sie via Bypass (einen ausgebauten ehemaligen Eiskanal) ins Unterwasser geführt. Der 750 m lange trapezförmige Unterwasserkanal leitet das turbinierte Wasser schliesslich wieder zurück in die Limmat. Der Zusammenfluss von Kanal, Reppisch und Limmat wurde, als Teil der ökologischen Ersatzmassnahmen, neu zu einem Flussdelta aufgewertet.

Um nach der Erneuerung auch den Fischaufstieg beim Hauptkraftwerk zu ermöglichen, wurde auf der linken Seite eine neue Fischaufstiegshilfe (FAH) vom Typ enature® mit einer Lockstromdotationsanlage im Einstiegsbereich erstellt. Da an dieser Stelle zuvor die Kahnrampe (Bootsübersetzanlage) situiert war, musste diese neu erstellt werden. Heute verläuft die Kahnrampe unmittelbar angrenzend an die Fischaufstiegshilfe. Beim erneuerten Hauptkraftwerk wird bei einer Ausbauwassermenge von 95 m^3/s eine Jahresproduktion von 15,84 GWh erwartet.

3. Fischwanderhilfen

3.1 Vorgehensweise bei der Planung und Randbedingungen

Die Planung und Umsetzung der Fischwanderhilfen wurden im Rahmen eines partizipativen Verfahrens eng durch die zuständigen Behörden (Bundesamt für Umwelt, BAFU, Fischerei- und Jagdverwaltung Kanton Zürich) sowie die NGOs (WWF, aqua viva, Fischereivereine) begleitet *(Lombardi und WFN, 2017)*. Für spezifische Überprüfungen und Optimierungen bezüglich der hydraulischen Parameter wurden Experten aus dem Ausland beigezogen.

Als Leitarten für die Fischwanderhilfen wurden Barbe, Lachs und Forelle definiert. In einem Variantenstudium wurden verschiede Typen und Lagen von Fischwanderhilfen evaluiert. Aufgrund der bestehenden Gebäude/Infrastruktur stellte sich dieses Begehren als grosse Herausforderung dar. Nicht immer liess sich die aus fischökologischer Sicht beste Lösung mit der vorhandenen Bausubstanz (Statik) oder den engen Platzverhältnissen vereinbaren:

- Beim HKW wäre die Linienführung mit einem konventionellen Vertical-Slot-Fischpass aufgrund der engen Platzverhältnisse (beidseits Infrastruktur, Gebäude) nicht möglich gewesen. Deshalb entschied man sich für den Multischlitzpass, der auf kleinere

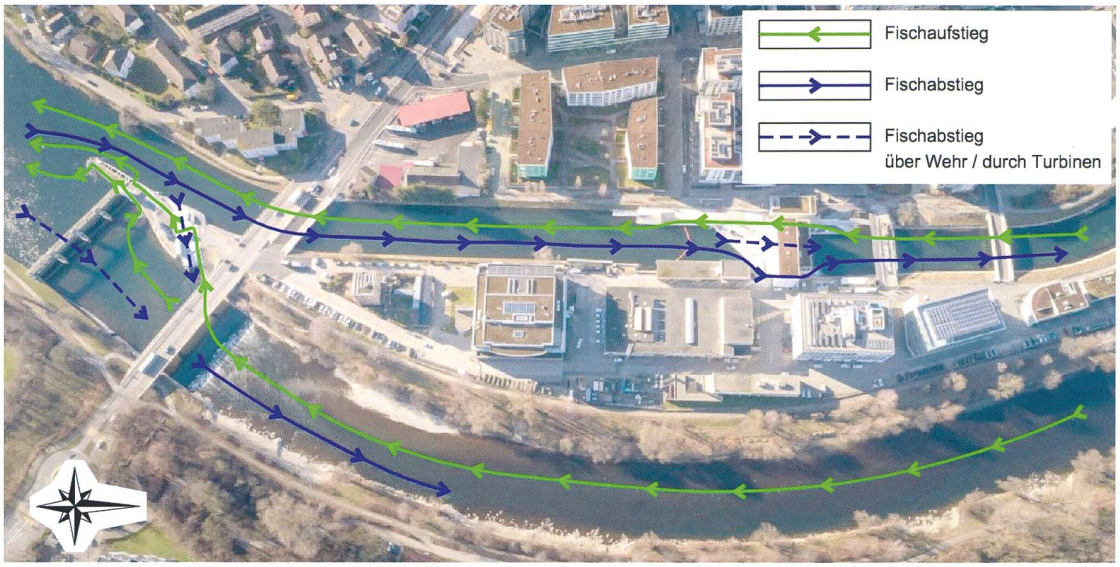


Bild 2: Mögliche Fischwanderrouten im Anlagenbereich des Kraftwerks Dietikon (Luftbild noch aus der Bauphase ohne die Schwellenabsenkung) (Foto: EKZ).

Distanz weniger Höhendifferenzen zwischen den einzelnen Schlitzen aufweist.

- Beim DKW wird die Leitströmung durch den vorhandenen Brückenpfeiler beeinflusst: Je nach Abfluss wird die Leitströmung in zwei Arme geteilt. Um die Leitströmung möglichst entlang des linken Ufers zu halten, wurde die sich unterhalb der Brücke befindende Blockschwelle linksseitig abgesenkt und mit Beckenstrukturen ausgebildet. Der ursprünglich geradlinig verbaute Uferbereich wurde durch Strukturen für schwimmschwache Fische ersetzt. Falls aufsteigende Fische von der geteilten Leitströmung dennoch fehlgeleitet würden, wurde der wehrnahe alte Beckenfischpass in Betrieb gelassen.
- Der Bypass des Fischabstiegs beim HKW konnte infolge der bestehenden Bausubstanz (Gebäudestatik) nicht ganz geradlinig geführt werden

Durch eine detaillierte Wirkungskontrolle wird voraussichtlich 2021 die Funktionsfähigkeit für die wandernden Fische kontrolliert und – falls notwendig – optimiert werden.

3.2 Mögliche Wanderrouten der Fische

Der Fischaufstieg ist beim HKW (enature®-Fischpass mit zusätzlichem oberflächennahem Einstieg), beim DKW (enature®-Fischpass) sowie beim Wehr (ursprünglicher Beckenpass) möglich *(Bild 2)*.

Der Fischabstieg kann wie folgt stattfinden: Beim DKW werden die Fische entlang einem Horizontalrechen (Fischschutz) weiter zum HKW geleitet. Beim HKW werden die Fische via Horizontalrechen hin zum Bypass in den Unterwasserkanal geführt. Bei beiden Kraftwerken besteht theoretisch die Möglichkeit der Turbinenpassage für kleinere Fische. Bei hoher Wasserführung der Limmat ist die Passage via Wehr ebenfalls möglich. Vermutlich nur in Ausnahmefällen wandern die Fische über die Fischaufstiegshilfen ab.

3.3 Beschreibung Fischwanderhilfen und Fischschutz

3.3.1 Fischaufstieg

Die Platzverhältnisse für die Realisierung einer Fischaufstiegsanlage beim bestehenden Maschinenhaus waren sehr eng (Trassee der Kahnrampe, bestehende Gebäude). Damit waren Einschränkungen in der Längen- und Breitenentwicklung der Anlage verbunden. Im Rahmen der früheren Projektierungsphasen wurden deshalb verschiedene Lösungsmöglichkeiten im Detail geprüft und die unter den gegebenen Bedingungen funktionell sowie wirtschaftlich beste Variante bestimmt.

Die neue Anlage wurde als Multi-Struktur-Schlitzpass ausgeführt, welcher sich besonders bei engen Platzverhältnissen eignet. Die 35 Becken werden mit einem Durchfluss von rund 220 l/s gespeist. Die Beckenabmessungen sind aufgrund der im Gewässer herrschenden Abflussverhältnisse, der am Standort anzutreffenden Fischfauna und der grössenbestimmenden Fischart (Lachs) dimensioniert. Jedes Becken besteht aus zwei Teilbecken und zwei vertikalen Schlitzen in den Zwischenwänden, die über die gesamte Höhe des Bauteils reichen. Die Abwechslung der Schlitzseite je Bauteil sowie die Ablenkung beim Schlitz führen zu einer Strömungsumlenkung, um eine geschwungene Hauptströmung zu gewährleisten (vgl. *Bild 3*). Diese Schlitze ermöglichen bodenorientierten Fischen sowie Freiwasserschwimmern ein Passieren der Anlage und sind weniger anfällig gegenüber Verklausungen (z. B. durch Totholz) als andere Bauweisen.

Bild 3: enature®-Fischaufstiegshilfe beim Dotierkraftwerk (Foto: EKZ).

Der oberflächennahe Einstieg direkt beim Kraftwerk dient jenen Fischen, die zu den Turbinenausläufen schwimmen und sich im strömungsberuhigten Bereich oberhalb der Turbinenwalze sammeln (vgl. *Bild 4*). Die Fische kommen dann nicht mehr weiter und suchen entlang dem Hindernis nach einem Weg. Für diesen Einstieg wird eine zusätzliche Lockströmung über eine Stahlleitung zugeführt. Über diese Leitung werden beim Einstiegsbecken 100 l/s zusätzlich abgegeben, ohne die Strömungsverhältnisse im Hauptaufstiegskorridor zu beeinträchtigen.

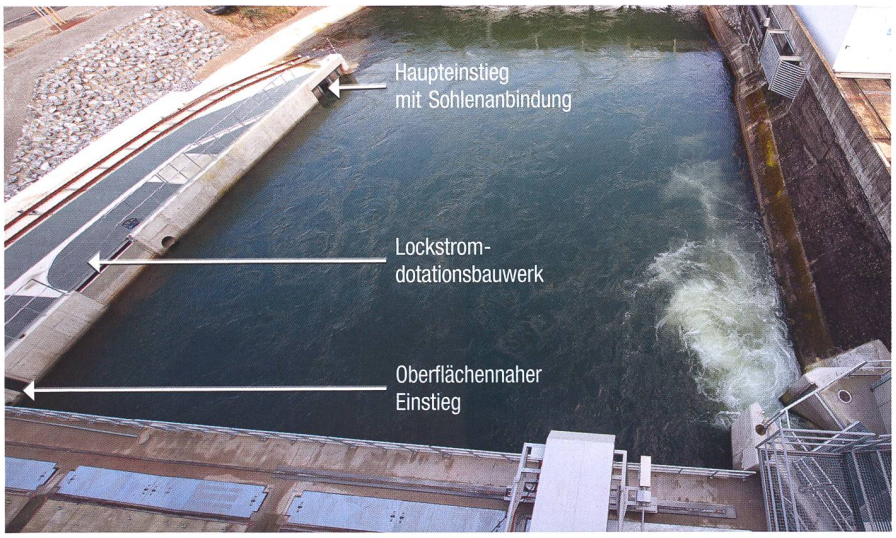


Bild 4: Einstiegssituation Fischaufstieg beim Hauptkraftwerk (Foto: EKZ).

Für den Fischaufstieg soll eine Leitströmung von mindestens 1% des turbinierten Abflusses abgegeben werden. Um dieses Kriterium zu erfüllen, wurde ein Lockstromdotationsbauwerk mit einer Wasserstrahlpumpe im Bereich des Einstiegs im Unterwasser mit Sohlenanbindung gebaut.

Beim neuen Dotierkraftwerk befindet sich der Einstieg der Fischaufstiegsanlage am linken Ufer, direkt unterhalb des Turbinenauslaufs. Die durch die Restwasserstrecke aufsteigenden Fische werden vorwiegend in der Nähe des linken Ufers erwartet. Sie treffen damit zuerst auf den Anlageneinstieg und müssen nicht die Strömung des Turbinenauslaufs queren. Das neue Bauwerk wurde ebenfalls als Multi-Struktur-Schlitzpass ausgeführt (24 Becken, Durchfluss bis zu 230 l/s).

Für Monitoringzwecke wurde jeweils im oberen Bereich der FAH ein Fischzählbecken erstellt.

3.3.2 Fischschutz und Fischabstieg

Beim neuen Dotierkraftwerk wurde im Einlaufbereich und parallel zum Oberwasserkanal ein vertikal angeordneter Horizontalrechen (Rechenfläche B x H = 26,0 x 3,3 m = 85,8 m², lichter Stababstand 20 mm, vgl. *Bild 5*) errichtet, welcher als Fischschutz dient. Für den Fischabstieg werden die Fische zum Hauptkraftwerk weitergeleitet, wo weitere Einrichtungen für den Abstieg realisiert wurden. Eine Rechenreinigung ist beim Dotierkraftwerk im Normalfall nicht nötig, weil das Treibgut – dank der parallelen Anströmung – zum Hauptkraftwerk abgeschwemmt wird.

Der geringe Stababstand von 20 mm hat Folgen auf die Konstruktionskosten und bedeutet einen Mehraufwand bezüglich der Betriebskosten (erhöhte hydraulische Verluste und Reinigungsaufwand). Der Vorteil ist allerdings, dass nur kleine Fische bis zu den Turbinen gelangen. Die Fische sind dann im Verhältnis zur Turbinengrösse so klein, dass die Verletzungsgefahr gering ist.

Um das Leitrechen-Bypass-System zu vervollständigen, wurde der Einlaufbereich des bestehenden Kraftwerks vollständig ersetzt, um auch dort einen strömungsoptimierten Horizontalrechen (Rechenfläche B x H = 32,6 x 6,5 m = 211,9 m², lichter Stababstand 20 mm, vgl. *Bild 6*) installieren zu können.

Zusätzlich wurde der alte Eisabfuhrkanal als Bypass ausgebaut und dient jetzt sowohl zur Ableitung des Treibguts als auch für einen möglichst hindernis-

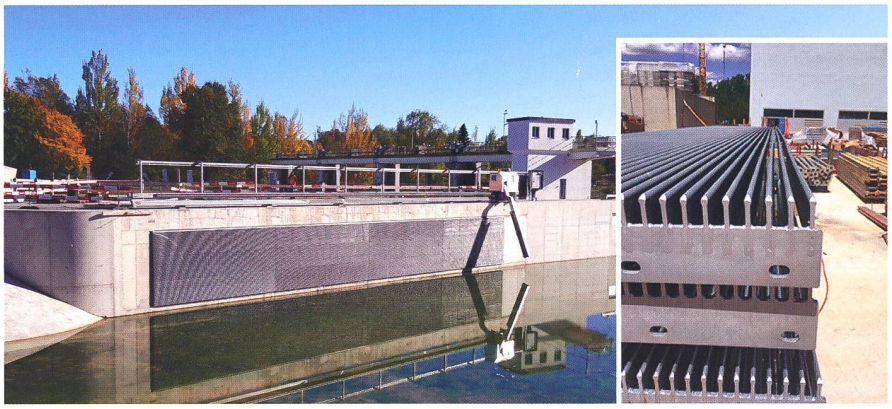


Bild 5: Einlaufrechen DKW vor dem Fluten des Oberwasserkanals (Foto: EKZ).

Bild 6: Horizontalrechen HKW vor der Kanalflutung (Foto: EKZ).

Bild 7: Horizontalrechen HKW mit Rechenreinigungsmaschine und Bypass im Hintergrund (Foto: EKZ).

Bild 8: Stemmtor beim Bypasseinstieg für den Fischabstieg HKW (Foto: EKZ).

Bild 9: Bypassauslauf ins Unterwasser mit überströmter Stauklappe (Foto: EKZ).

freien Fischabstieg. Im Einlaufbereich des Bypasskanals wurde ein hydraulisch angetriebenes Stemmtor (B x H = 1,50 x 6,30 m, vgl. *Bild 8*) installiert, wo zwei einstellbare Öffnungen (oberflächen- und sohlennah) mit einem Durchfluss von mindestens 1,2 m^3/s den Fischabstieg jederzeit gewährleisten. Vor dem Auslauf des Bypasses in den Unterwasserkanal wurde eine Regulierklappe montiert, welche zur Regulierung des Wasserstands im Bypass dient (vgl. *Bild 9*). Am Ende jedes automatischen Reinigungszyklus der Rechenreinigungsmaschine werden Stemmtor und Regulierklappe vollständig geöffnet, wodurch bis zu 10 m^3/s im Bypass abfliessen können.

Das Leitrechen-Bypass-System wurde mit Berücksichtigung der neuesten Erfahrungen in der Schweiz sowie anhand der ethohydraulischen Befunde von Ebel ausgelegt *(Ebel, 2017)* und mit Formeln der klassischen Hydraulik bemessen *(Bollrich, 2007)*.

4. Fischschonende Turbinen

Mehrere Faktoren verursachen Verletzungen bei Fischen, die sich durch hydraulische Turbinen bewegen. Schläge durch Turbinenschaufeln, Kollisionen mit Stützelementen, Abrieb, Kavitation, Änderungen der Strömungsrichtung und Druckänderungen sind die Hauptursachen. Die Turbinen der Anlagen in Dietikon wurden durch folgende Massnahmen für eine erhöhte Fischverträglichkeit konzipiert, auch wenn dies Einbussen bezüglich des Wirkungsgrads bedeutet:

- Laufradmantel: Vollkugel statt Halbkugel
- Laufräder: mit reduziertem Spalt
- Eintrittskanten: stumpfe Eintrittskanten
- Stütz- und Leitschaufeln: Ausrichtung der Stütz- und Leitschaufeln
- Laufradverstellung: trocken/selbstschmierende Materialien
- Betriebsstoffe: biologisch abbaubares Öl
- Laufrad: drei Laufradschaufeln statt vier Laufradschaufeln
- Turbinenlager: wassergeschmiertes Turbinenführungslager (nur HKW)

4.1 Laufradmantel als Vollkugel statt Halbkugel

Ein vollkugeliger Laufradmantel reduziert das Risiko von Fischverletzungen an der Schnittstelle zwischen Mantel und Flügel. Für die Vollkugellösung werden jedoch mehr rostfreie Bleche und mehr Schweissnähte verarbeitet. Dies bedeutet somit mehr Bearbeitungsschritte und eine erschwerte Montage des Laufrads in den Laufradmantel. Dies betrifft insbesondere die zwei vertikalen Kaplan-Turbinen beim HKW. In nachfolgendem *Bild 10* ist das schwierige «Einfädeln» des Laufrades in den vollkugeligen Laufradmantel ersichtlich.

4.2 Laufräder mit reduziertem Spalt

Die Reduzierung des Spalts zwischen rotierenden und stationären Turbinenkomponenten senkt das potenzielle Risiko, dass Fische, die doch durch den Einlaufrechen gekommen sind, eingeklemmt werden, und erhöht somit ihre Überlebensrate.

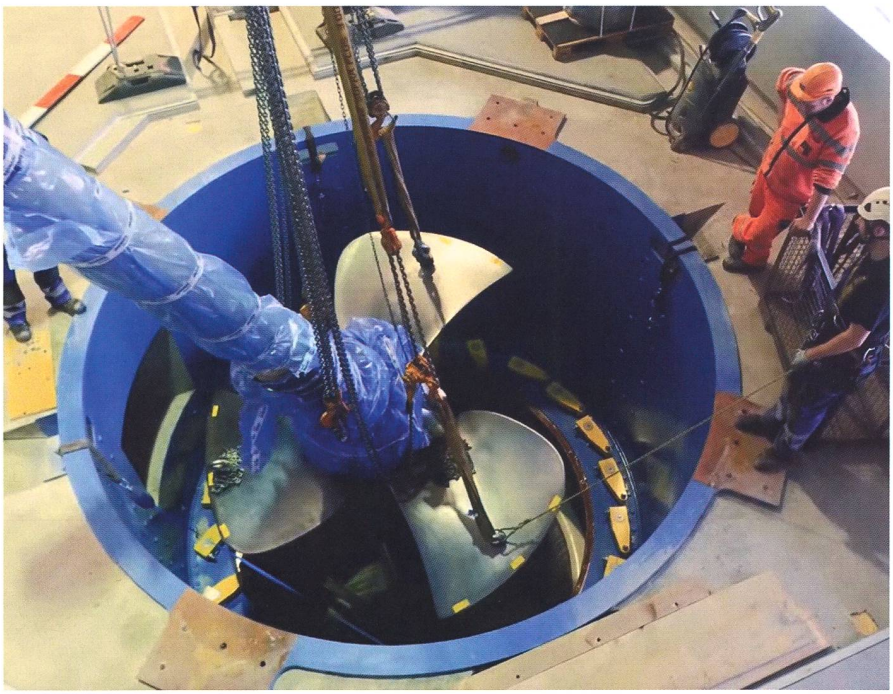


Bild 10: Montagevorgang bei einer Kaplan-Turbine bei vollkugeligem Laufradmantel (Foto: EKZ).

Um dies zu erreichen, wurden verschiedene Massnahmen getroffen, welche die Reduzierung des Spiels zwischen Laufradflügel und Laufradmantel auf 1,6 mm – auf einem Radius von 1650 mm (dies entspricht 0,09 %, was der Präzision einer Schweizer Uhr gleicht) – und den Einsatz einer runden Nabe mit «Taschen» zur Verringerung des Nabenspalts ermöglichen.

Bild 11: Reduzierter Spalt bei vollkugeligem Laufraddesign (Foto: Groupe E).

Kleinere Spalte am Laufrad verringern darüber hinaus das Turbulenzniveau im Saugrohr. Im Allgemeinen können Turbulenzen in Hydraulikpassagen in klein- und grossskalige Auswirkungen unterteilt werden, welche die Fische auf unterschiedliche Weise beeinflussen.

Kleinskalige Turbulenzen (mit Längenskalen kleiner als die Fischlänge) treten in manchen Bereichen als hohe Scherbeanspruchung auf, die zu ähnlichen Verletzungen wie durch Kompression, Streckung und Biegung führen kann. Folglich können Verletzungen aufgrund kleinskaliger Turbulenzen in der Regel mit Verletzungen durch Scherbeanspruchungen zusammengefasst werden *(Andritz Hydro, 2019)*.

Grossskalige Turbulenzen (mit Längenskalen grösser als die Fischlänge) verursachen Orientierungslosigkeit und somit mehr Stress. Solche Auswirkungen allein schädigen den Fisch nicht, erhöhen aber das Risiko auf indirekte Sterblichkeit *(Andritz Hydro, 2019)*.

Es ist somit für die Fische von Vorteil, wenn die Turbulenzen im Saugrohr durch die kleineren Spalte am Laufrad so gering wie möglich gehalten werden.

4.3 Stumpfe Eintrittskanten bei den Schaufeln

Eine stumpfe Eintrittskante kann durch ein optimales Verhältnis von Fischlänge zu Eintrittskantendicke wesentlich zur Erhöhung der Überlebensrate vor allem kleinerer Fische beitragen.

Mithilfe von CFD-Simulationen wurde die ideale fischfreundliche Eintrittskantendicke ermittelt und deren Einfluss auf die Leistung und die Kavitationscharakteristik der Schaufel beurteilt.

4.4 Ausrichtung der Stütz- und Leitschaufeln

Die Ausrichtung von Stütz- und Leitschaufeln in den wichtigsten Betriebspunkten wurde so gewählt, dass die Wahrscheinlichkeit, dass ein Fisch mit dem Leitapparat in Kontakt kommt, auf ein Minimum reduziert wird.

Bild 12: Ideale Ausrichtung der Stütz- und Leitschaufeln der Turbine (Foto: Groupe E).

4.5 Laufradverstellung: trocken/ selbstschmierende Materialien

Die Verstellmechanismen der drei Turbinen (2 x HKW + 1 x DKW) wurden mit selbstschmierenden Materialien ausgerüstet. Diese fahren somit «trocken», das heisst ohne jegliches Schmieröl oder Fett. Das hat zur Folge, dass auch bei einem Versagen der Schaufeldichtungen der Laufräder kein Schmieröl oder Fett in die Limmat kommen kann. Es ist somit keine Wasserverschmutzung möglich.

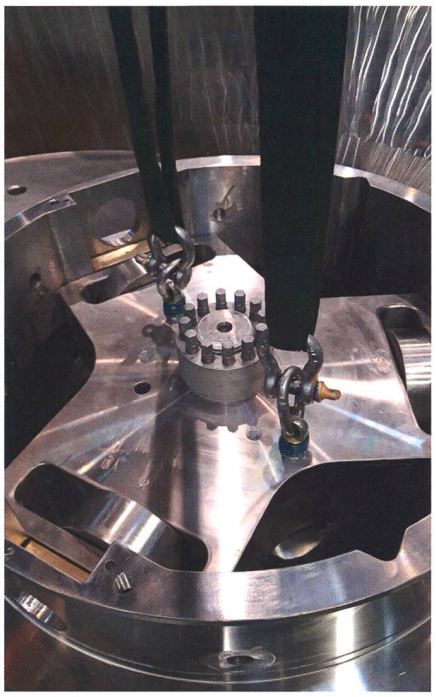


Bild 13: Verstellmechanismus des Kaplan-Laufrades (Foto: Groupe E).

4.6 Betriebsstoffe

In Dietikon wurde biologisch abbaubares Öl anstelle von Mineralöl als Schmier- sowie Steueröl verwendet. Dies hat wiederum erhöhte Materialkosten und Zusatzkosten bezüglich der nötigen Anpassung der Materialien hinsichtlich der Beständigkeit auf biologisch abbaubares Öl zur Folge.

4.7 Laufrad mit drei statt vier Laufradschaufeln

Eine Turbine mit vier Laufradschaufeln hat tendenziell einen besseren Wirkungsgrad. Hingegen reduziert die Turbine mit nur drei Laufradschaufeln das Risiko einer Verletzung der Fische.

Beim HKW konnte (zusammen mit der speziellen Anforderung des Saugrohrs) ein kavitationsfreier Betrieb mit einem Turbinenlaufrad mit drei Schaufeln nicht gesichert garantiert werden. Damit war vorgängig ein Modellversuch zwingend erforderlich, welcher wiederum zu erheblichen Mehrkosten geführt hat.

Bild 14: Laufrad HKW mit drei Laufradschaufeln (Foto: Groupe E).

Die neuen Turbinen beim HKW sind «Drei-Flügler» (vgl. *Bild 14*) mit einer Drehzahl von 115 rpm, die im Betrieb weitgehend kavitationsfrei laufen und somit als fischfreundlich gelten. Ein Minimum an Kavitation über den gesamten Betriebsbereich hinweg ist hingegen unvermeidbar, auch bei einem fischfreundlichen Design.

Kavitation tritt auf, wenn der statische Druck unter den Dampfdruck fällt und Dampfblasen gebildet werden. Werden diese Blasen dann in Bereiche mit einem höheren Druck transportiert, implodieren sie schlagartig und erzeugen extrem energiegeladene Mikroimpulse.

Diese können die Laufradschaufeln beschädigen und Fischgewebe zerstören. Die Kavitation ist somit eine mögliche Ursache für Fischsterblichkeit.

Dieses Phänomen hängt eng mit der schnellen Kompression zusammen, die gefährlich ist, wenn zwei Bedingungen erfüllt werden. Zum einen muss der Druck erheblich unter den Wert sinken, an den der Fisch gewöhnt ist. Zum anderen muss der Druck schneller auf einen Wert sinken, als dass der Fisch sich an die Druckveränderung anpassen kann.

Diese Bedingungen treten meistens dort auf, wo der Absolutdruck in kürzester Zeit zu einem Bruchteil des gewohnten Umgebungsdrucks des Fischs absinken kann *(Andritz Hydro, 2019)*.

4.8 Wassergeschmiertes Turbinenlager (nur HKW)

Das Turbinenführungslager der beiden vertikalen Kaplan-Turbinen beim HKW ist wassergeschmiert anstatt mit Öl- oder einer Fettfüllung mit Stopfbüchse. Somit ist jede Möglichkeit einer Verschmutzung des Flusswassers mit Öl oder Fett völlig ausgeschlossen.

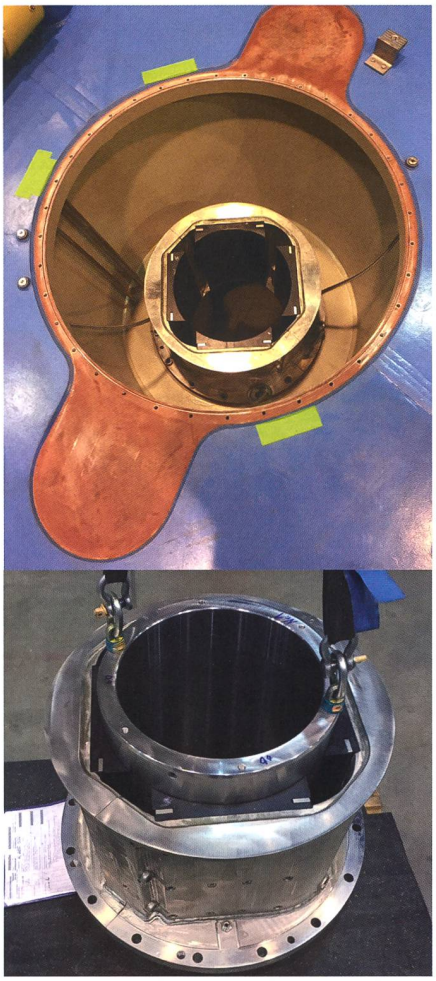


Bild 15: Wassergeschmiertes Turbinenlager (Foto: Groupe E).

5. Inbetriebnahme und Perspektiven

Die neuen Fischwanderhilfen wurden unmittelbar nach Wiederinbetriebnahme der Kraftwerksanlagen langsam mit Wasser gefüllt und in Betrieb genommen.

Im Frühling 2020 wurde – bei bestehender Aufstiegsmöglichkeit beim Dotierkraftwerk – der Beckenpass beim Wehr trockengelegt, gereinigt und die Sohle mit Sohlsubstrat ergänzt.

Um den Fischaufstieg zum Dotierkraftwerk zu verbessern, wurde im Sommer 2020 die bestehende Schwelle von rund 40 cm unterhalb der Überlandstrassenbrücke über eine Breite von 10 m lokal abgebrochen und durch eine Blocksteinrampe ersetzt. Zusätzlich wurde in diesem Bereich das linke Ufer der Restwasserstrecke naturnah gestaltet, um durch die reduzierte Fliessgeschwindigkeit auch den schwimmschwachen Fischen den Aufstieg zu erleichtern.

Im März 2020 wurde, nach mehreren Abstimmungsrunden mit den Fachstellen von Kanton und Bund, das Konzept für die Wirkungskontrolle der Fischwanderhilfen zur Genehmigung eingereicht. Dieses ist modulartig aufgebaut und enthält als Hauptbestandteile die technische Wirkungskontrolle der Fischwanderhilfen, die biologische Wirkungskontrolle der Fischaufstiegshilfen sowie die Funktionskontrolle zu Fischschutz und Fischabstieg bei den Kraftwerken.

Am meisten Zeit wird dabei die biologische Wirkungskontrolle in Anspruch nehmen, welche im Anschluss an die technische Wirkungskontrolle während zwölf Monaten durchgeführt wird. Die Ergebnisse der Wirkungskontrolle der neuen Fischwanderhilfen beim Kraftwerk Dietikon werden damit frühestens 2023 vorliegen.

Quellen:

WFN, 2016: Konzessionserneuerung KW Dietikon Wirkungskontrolle Ersatzmassnahmen – Ausgangszustand Fischfauna 2016. 15 S.

Lombardi und WFN, 2017: Konzessionserneuerung Kraftwerk Dietikon Plangenehmigungsprojekt. Fischaufstieg, Fischschutz und Fischabstieg. Zusammenfassung der Aspekte der Fischwanderung. 43 S.

Ebel, G., 2017, Bemessung und Gestaltung von Fischschutz- und Fischabstiegssystemen – eine kritische Diskussion aktueller ethohydraulischer Befunde, Mitteilungen aus dem Büro für Gewässerökologie und Fischereibiologie

Bollrich, Technische Hydromechanik 1, 6. Auflage, 2007.

Andritz Hydro GmbH, Fischfreundlichkeit – Vergleich des Standards mit der Dietikon Sonderausführung, Februar 2019.

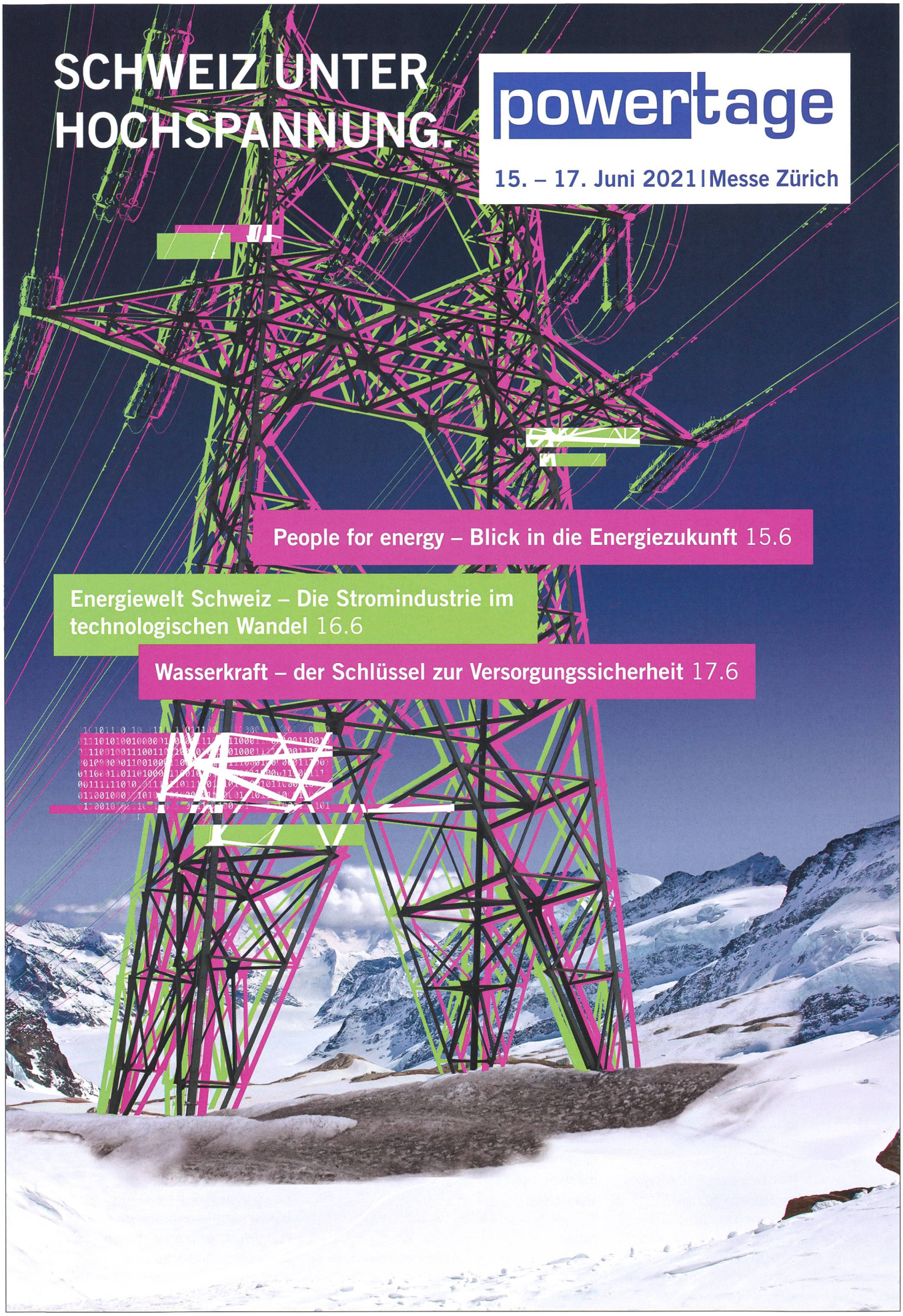
Autoren:

Alfredo Scherngell, Leiter Wasserkraft / Gesamtprojektleiter, EKZ Elektrizitätswerke des Kantons Zürich, Überlandstr.2, 8953 Dietikon, alfredo.scherngell@ekz.ch

Andrea Balestra, Gesamtplaner, Lombardi AG, Via del Tiglio 2, 6512 Bellinzona-Giubiasco, andrea.balestra@lombardi.group

Frédéric Boden, Fachspezialist Turbinenbau, Groupe E SA, Route de Morat 135, 1763 Granges-Paccot, frederic.boden@groupe-e.ch

Martina Breitenstein, Biologin / Fachspezialistin Fischökologie, WFN – Wasser Fisch Natur AG, Brunnmattstr. 15, 3007 Bern, martina.breitenstein@wfn.ch


SCHWEIZ UNTER HOCHSPANNUNG.
powertage
15. – 17. Juni 2021 | Messe Zürich
People for energy – Blick in die Energiezukunft 15.6
Energiewelt Schweiz – Die Stromindustrie im technologischen Wandel 16.6
Wasserkraft – der Schlüssel zur Versorgungssicherheit 17.6