



Ingenieurbaukunst

Nr. 1 | 2026

Konstruktionstyp: Pumpspeicherkraftwerk bzw. Bahnstrom-Wasserkraftwerk mit Staumauer.

Ort: Sihlsee bei Einsiedeln (SZ) / Kraftwerkszentrale in Altendorf am oberen Zürichsee.

Baujahr: Baubeginn 1932, Inbetriebnahme 1937, Erweiterung 1947.

Bauingenieur: Louis Kürsteiner (1862–1922), dipl. Bauingenieur ETH

Besonderheiten: Frühes grossmasstäbliches Pumpspeicherwerk für Bahnstrom, bei dem seit 1947 Wasser aus dem Zürichsee in den höher gelegenen Sihlsee zurückgepumpt wird. Das bereits um 1897 von Louis Kürsteiner entwickelte Konzept wurde rund 30 Jahre später weitgehend unverändert umgesetzt und nutzt das Sihlhohtal sowie ein Gefälle von rund 483 m zur Energiegewinnung.

Kennzahlen 2022 / Pumpspeicherkraftwerk Etzelwerk

Fläche Sihlsee	11 km ²
Einzugsgebiet	156 km ²
Natürlicher Seezufluss	238 Mio. m ³ /Jahr
Sihlsee, Stauseevolumen	96,5 Mio. m ³
Maximale Staukote	889.34 m ü. M.
Staumauer «In den Schlagen»	
- Kronenlänge:	124 m
- Höhe über Gewässersohle	23 m
- Höhe Absperrbauwerk	33 m
Leitung zum Wasserschloss	2900 m
Druckleitung zum See	2200 m
Fallhöhe brutto:	483,3 m
Wassermenge auf Turbine	34 m ³ /s
Gesamtleistung	134 MW
Jahresproduktion	260 GWh (Bahnstrom)
Turbinen	
- Sechs Peltonturbinen vertikal, zweidüsig (je 16 MW);	
- eine Peltonturbine vertikal, sechsdüsig (44 MW)	
Generatoren	
- Sieben Synchrongeneratoren	
Eigenbedarf Kraftwerk	
- Zwei kleine Peltonturbinen vertikal (je 220 kW)	
Speicherpumpen	
- Drei Pumpen	14, 18 und 22 MW
- Förderleistung	max. 10 m ³ /s

Etzelwerk – Pumpspeicherkraftwerk am Sihlsee



Blick über den Sihlsee gegen Norden zum Zürichsee. Links am Ende des Sihlsees der Erdschüttdamm mit Lehmkern «Hüenermatt-Damm» als seitlicher Abschlussdamm, rechts am oberen Ende des Sees die Schwergewichtsmauer «In den Schlagen» als zentrale Hauptsperre aus Beton. Im Vordergrund der Willerzeller-Viadukt quer über den See.

(FOTO: ETH-BIBLIOTHEK ZÜRICH, BILDARCHIV / AIC_02-0R-361031-006, 1.6.2000)

Bahnstrom für den Grossraum Zürich

Hans Burch, dipl. Kult. Ing. ETH

Wer am Morgen über die Hügel rund um den Sihlsee schaut, sieht eine stille, weit gespannte Landschaft: Wiesen, Höfe, ein See, der das Licht sammelt. Kaum etwas deutet darauf hin, dass hier ein zentrales Element der SBB-Energiever-

sorgung verborgen liegt. Acht Wasserkraftwerke betreiben die SBB für ihren eigenen 16,7-Hertz-Strom. Nur eines davon kann Wasser nicht nur nutzen, sondern auch zurück in den Speicher heben: das Etzelwerk.



Ingenieur
Louis Kürsteiner.

(FOTO:
WIKIPEDIA – COMMON FILE)

Der Wasservorrat des Etzelwerks stammt aus dem Sihlsee – 1937 gestaut und bis heute der grösste voralpine Stausee. 1947 wurde er zum Pumpspeicher erweitert und damit zum flexiblen Energiespeicher, lange bevor solche Systeme in der Energiepolitik selbstverständlich wurden.

Heute ist die Region ein beliebtes Erholungsgebiet, und fast unbemerkt arbeitet eine Infrastruktur, die den Takt des Schweizer Bahnverkehrs mitprägt. Dieses Zusammenspiel macht das Etzelwerk so bemerkenswert.

Ingenieure gestalten die Welt – global wie lokal

Welche Geschichte steckt hinter dem Sihlsee und dem Etzelwerk? Wer sie aufrollt, merkt schnell: Sie beginnt nicht nur

im voralpinen Kanton Schwyz, sondern reicht hinaus in die Welt. In jene Epoche, in der Ingenieure aus der Schweiz an den grossen Wasserbauprojekten ihrer Zeit mitwirkten: am Suezkanal, am Panamakanal, an Bauwerken, die Kontinente verbinden und technische Massstäbe setzten.

Suezkanal (1859–1869)

Der Suezkanal entstand in nur zehn Jahren – ein Meeresspiegelkanal von 164 km Länge, ohne eine einzige Schleuse. Zu den prägenden Köpfen dieses gigantischen Projekts gehörte der Schweizer Ingenieur Alois Negrelli (1799–1858), der zuvor in Zürich als privater Stadtgenieur wirkte und dort unter anderem die Münsterbrücke (Inbetriebsetzung: 1838) über die Limmat baute. 2021 würdigte

die Stadt Zürich sein Wirken, indem sie die neue Fussgängerbrücke beim Hauptbahnhof nach ihm benannte.

Panamakanal (1881–1914)

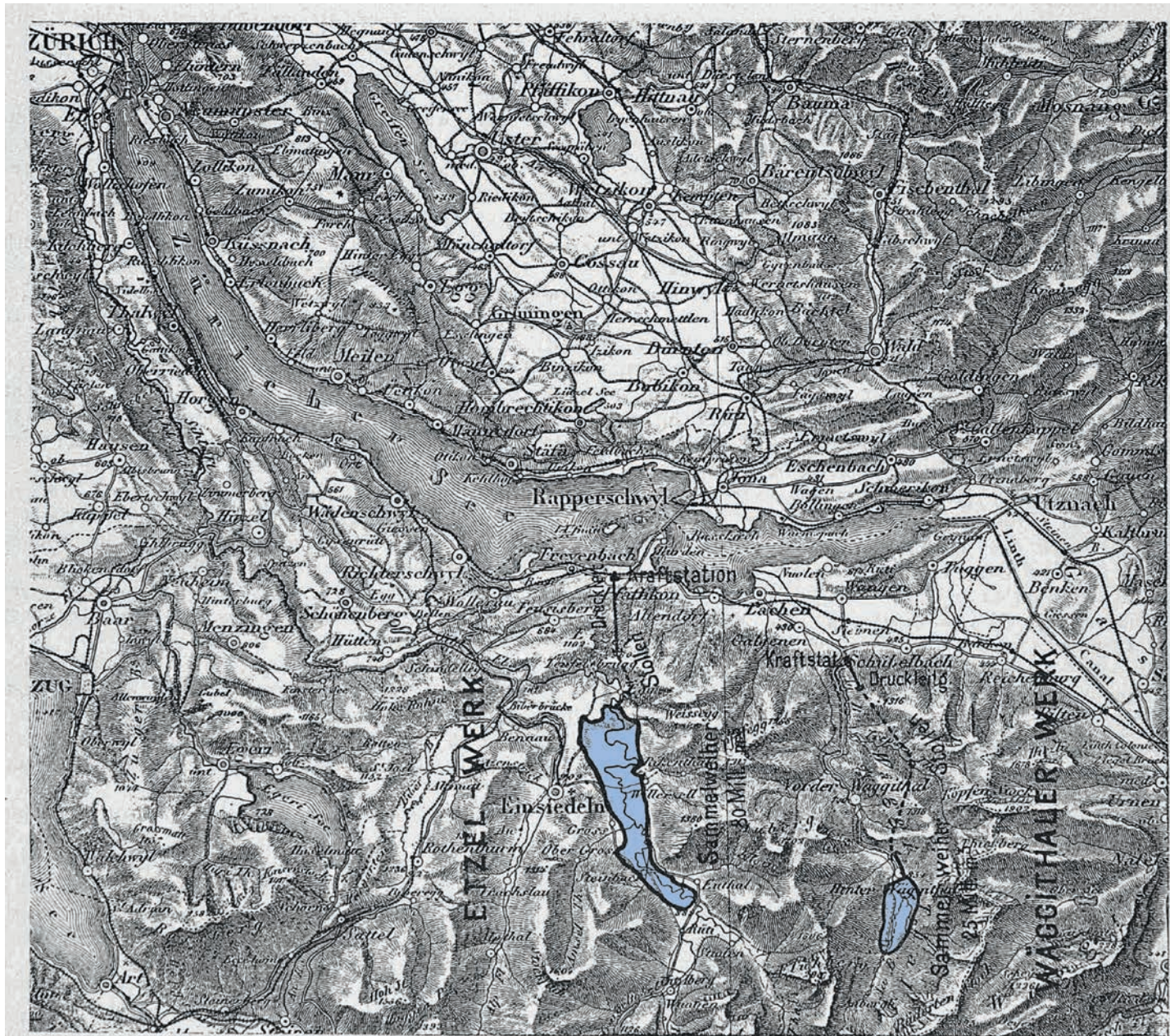
Französische Phase (1881–1889): Nach dem Vorbild des Suezkanals versuchten die Franzosen, auch in Panama einen Meeresspiegelkanal zu bauen. Das Projekt scheiterte jedoch an den extremen klimatischen und topografischen Bedingungen: Gelbfieber und Malaria forderten hohe Opfer, und der Versuch, ein tropisches Gebirge «wegzugraben», ignorierte die hydrologischen Realitäten. Der Schweizer Ingenieur Louis Kürsteiner arbeitete zwischen 1886 und 1889 während zweieinhalb Jahren als selbständiger Unternehmer am Projekt mit, fiel jedoch ebenfalls zeitweise der Malaria zum Opfer.

Amerikanische Phase (1904–1914): Die USA nahmen das Projekt wieder auf – diesmal als Schleusenkanal mit Stauseen. Statt die Landschaft zu bekämpfen, nutzten sie diese ingenieurtechnisch geschickt. Moderne Organisation, klare Bauabläufe und ein neues Verständnis für Tropenkrankheiten führten zum Erfolg. Der Panamakanal mit einer Länge von rund 80 km und der Querung des «Culebra Cut» gilt seither als «Achstes Weltwunder».

Der Ingenieur hinter dem Etzelwerk

Nach seiner Tätigkeit am Panamakanal gründete Louis Kürsteiner 1889 sein eigenes Ingenieurbüro und profilierte sich rasch als Pionier im Bau von Wasserversorgungs- und Kanalisationsanlagen. Auch im Bahnbau übernahm er verantwortliche Funktionen, etwa bei der Wetzikon–Meilen Bahn (Inbetriebnahme 1903) oder der Bodensee–Toggenburg Bahn. Zu den markantesten Bauwerken dieser Zeit zählt die spektakuläre Sitterbrücke bei St. Gallen (Inbetriebnahme: 1910).

Als besonders wegweisend gelten Kürsteiners Arbeiten im Bereich der Wasserwerkenanlagen. Früh erkannte er das Potenzial der Wasserkraft für ein Land, das zwar arm an Kohle, aber reich an Wasser und Gefälle ist. Mit grossem Engagement trieb er entsprechende Projekte voran.



Bearbeitet nach der Schweiz, Generalkarte.

1 : 250 000.

Mit Bewillig. d. eidg topogr. Bureau.

Übersichtsplan mit den beiden geplanten Stauanlagen Etschwerk und Wägital.

(KARTE: SBZ-002-1899 (SCHWEIZER BAUZEITUNG, ZOOM))

Ab Mitte der 1890er Jahre entwickelte Kürsteiner die Idee eines Stauwerks am Etsch mit einem neuen See als Speicherbecken.

Erste Baueingabe für Etschwerk durch MFO und Kürsteiner (1897)

Am 6. September 1897 reichte Kürsteiner gemeinsam mit der Maschinenfabrik Oerlikon (MFO) beim Regierungsrat des Kantons Schwyz ein Kraftwerksprojekt bei Einsiedeln ein – der erste formale Schritt auf dem Weg zum späteren Etschwerk.

In der Schweizerischen Bauzeitung (SBZ) vom 4. April 1899 stellten Louis Kürsteiner und die Maschinenfabrik Oerlikon (MFO) ein neuartiges Kraftwerksprojekt bei Einsiedeln vor. Die Idee war ebenso einfach wie revolutionär: nachts zufließendes Wasser speichern und tagsüber verstromen – statt wertvolle Nachtwassermengen ungenutzt abfließen zu lassen. Kürsteiner betonte, dass viele Wasserkraftpotenziale mangels Speicherbecken nur unzureichend genutzt würden. Er erkannte früh, dass Sammelweiher die Energieproduktion flexibel an den Bedarf anpassen konnten – ein entscheidender Vorteil gegenüber klassischen Laufwasserkraftwerken.

Besonders vorausschauend war seine Einschätzung, dass der künftige elektrische Eisenbahnbetrieb nur mit solchen Speichieranlagen zuverlässig versorgt werden könne. Damit formulierte er bereits um 1897 jene Grundidee, die später im Etzelwerk und mit dem Sihlsee Gestalt annahm.

Stauanlage Etzelwerk / Sihlsee (1899)

Gemeinsam mit der MFO verfolgte Kürsteiner die Idee, die Sihl im Hochtal östlich von Einsiedeln zu stauen und das Wasser in den Zürichsee abzuleiten. Ein positives Gutachten von Prof. Albert Heim der ETH Zürich bestätigte die Machbarkeit. 1900 erhielt die MFO die Konzessionen der Bezirke Einsiedeln und Höfe und beauftragte Kürsteiner mit der Ausarbeitung des Bauprojekts.

Das Sihlhochtal – eine weite, von Mooren geprägte Ebene auf 875–895 m ü. M. – bot sich als natürliches Becken für einen grossen Sammelweiher an. Ein gemauerter Staudamm am nördlichen Talausgang – dem «Schlagen» – und eine kleinere Abdämmung bei «Hüenermatt» sollten einen Speicher von rund 80 Mio. m³ schaffen.

Die geplante Staumauer «In den Schlagen» sollte 27 m hoch, 65 m lang (Fundament 30 m, Kronenlänge 100 m) sein und eine Kronenbreite von 3 m aufweisen. Die geologischen Verhältnisse galten als ausser-

ordentlich günstig, da die Sihl direkt über festen Sandstein fliesst und der Molasserrücken beidseits rund 60 m über die Flusssohle ansteigt. Die Einsattelung bei «Hüenermatt» sollte durch einen rund 5 m hohen Lehmdamm auf undurchlässiger Grundmoräne abgeschlossen werden.

Das Einzugsgebiet des geplanten Sees umfasst 168 km² und reicht bis fast 2000 m ü. M. Mehr als die Hälfte liegt über 1200 m, weshalb eine hohe Niederschlagsmenge von mindestens 1800 mm jährlich angenommen wurde. Auf Basis von 15-jährigen Beobachtungen wurde ein nutzbarer Abfluss von 6 m³/s bzw. 190 Mio. m³ pro Jahr berechnet – unter Berücksichtigung einer garantierten Restwassermenge für die Unterlieger an der Sihl.

Neben der Energiegewinnung hätte der neue See auch eine bedeutende Hochwasserschutzfunktion erfüllt. Er wäre in der Lage gewesen, sämtliche Hochwasser der Sihl zurückzuhalten und damit die seit Langem diskutierte Sihlkorrektur sowie die Aufforstung im Einzugsgebiet wirksam zu unterstützen.

Zürich und Bund entdecken das Etzelwerk für den Bahnstrom

Bereits am 19. Mai 1904 ersuchten der Regierungsrat und der Stadtrat von Zürich den Bundesrat, zu prüfen, ob sich

die Eidgenossenschaft im Hinblick auf die künftige Elektrifizierung der Schweizerischen Bundesbahnen (SBB) finanziell am Etzelwerk beteiligen würde. Das Eidgenössische Departement des Innern antwortete am 31. Dezember 1904, dass der Bundesrat es als seine Pflicht erachte, sich die notwendigen Wasserkräfte für den elektrischen Bahnbetrieb zu sichern und interessiere sich deshalb in erster Linie für das Etzelwerk. In der Folge prüften die SBB das Projekt eingehend. Sie kamen zum Schluss, dass sich die Anlage aufgrund ihrer Lage, Fallhöhe und Speicherfähigkeit hervorragend als Bahnstromkraftwerk eigne.

1909 schloss die Generaldirektion der SBB mit der MFO einen Vertrag über die Abtretung des gesamten Projekts, inklusive Studien, Untersuchungen und der Konzessionen der Bezirke Einsiedeln und Höfe ab. Der Verwaltungsrat der SBB genehmigte den Vertrag am 26. November 1909. Allerdings zeigte sich bald, dass die bestehenden Konzessionen rechtlich nicht übertragbar und inhaltlich unzureichend waren. Sie konnten von den SBB nicht übernommen werden und verfielen daher am 1. Oktober 1910 ungenutzt. Damit besaßen die SBB zwar das Projekt von Kürsteiner und der MFO – aber keine gültige Konzession. Die Realisierung des Etzelwerks musste von Neuem angegangen werden.

Kürsteiner in Zürich und seine hydrologische Formel

Louis Kürsteiner verlegte 1912 sein Ingenieurbüro von St. Gallen nach Zürich. Er selbst erlebte aber die Realisierung des Etzelwerks nicht mehr: Er starb 1922, lange bevor der Bau des Sihlsees und der Kraftwerksanlagen begann.

In der Fachwelt der Wasserbauingenieure wurde er besonders durch die 1917 publizierte Kürsteiner-Formel bekannt, mit der sich Spitzenabflüsse aus kleinen und mittleren Einzugsgebieten empirisch abschätzen lassen:

$$Q_{\max} = c F^{(2/3)}$$

Q_{\max}	Abflussspitze in m ³ /s (ursprünglich angenähert an ein HQ100)
c	Gebietsbeiwert (2.5–12, abhängig von Topografie und Einzugsgebiet)
F	Einzugsgebietsfläche in km ²

Die Formel war ein pragmatisches Werkzeug für die Planung von Stauanlagen, Gerinnen und Hochwasserschutzmassnahmen. 1947 verfeinerte Ingenieur H. Heusser die Gebietsbeiwerte, wodurch die Formel noch breiter einsetzbar wurde. Sie blieb in der Praxis mindestens bis 2023 in Gebrauch – ein bemerkenswertes Vermächtnis für eine frühe empirische Näherung.



Der Sihlsee im oberen Sihltal am 25. März 2026.

(FOTO: CLEMENTINE HEGNER-VAN ROODEN)

1920–1923: Elektrifizierung als strategische Notwendigkeit

Der Gotthard-Bahntunnel wurde bereits 1920 elektrifiziert – ein Meilenstein, der die strategische Bedeutung der Wasserkraft für den Bahnbetrieb unterstrich. Der Kohlemangel des Ersten Weltkriegs hatte die Elektrifizierung zusätzlich beschleunigt. 1923 folgte die linksufrige Zürichseebahn, die ausgebaut, auf Doppelspur erweitert und vollständig elektrifiziert wurde. Im selben Jahr stellten die SBB auch die Strecke Thalwil–Zug auf elektrischen Betrieb um. Die Tunneldurchfahrten erfolgten nun ohne Russ und Rauch,

sondern im ruhigen Licht der elektrischen Wagenbeleuchtung – ein Komfortgewinn, der damals viel Beachtung fand.

Mit jedem neu elektrifizierten Streckenabschnitt stieg der Energiebedarf der SBB rasant an. Damit stellte sich immer dringlicher die Frage, woher der Bahnstrom künftig kommen sollte. Laufwasserkraftwerke boten zu wenig Flexibilität, Kohle war teuer und unsicher – der Bedarf an leistungsfähigen Speicher- und Pumpspeichieranlagen wurde offensichtlich. Genau an diesem Punkt rückte das Etzelwerk mit seiner grossen Speicherfähigkeit

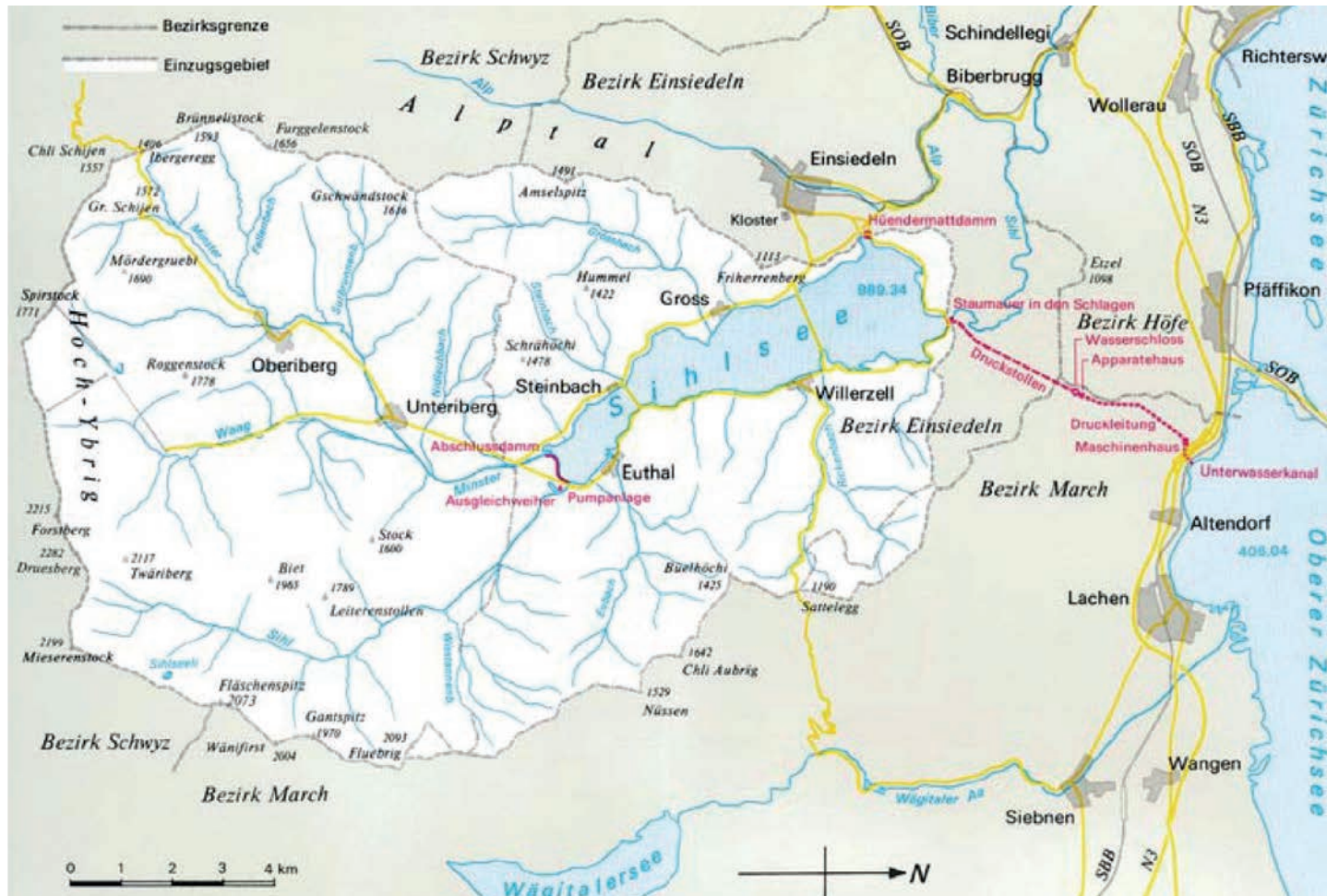
und der Nähe zum Zürcher Bahnknoten wieder in den Fokus der SBB. 1926 genehmigte die Gemeinde Einsiedeln die neuen Verträge mit den Betreibern des Etzelwerks; Widerstand aus der Bevölkerung war kaum vorhanden.

Zweiter Anlauf für das Etzelwerk durch SBB und NOK (1929)

1929 stieg der Strombedarf der elektrifizierten Bahn weiter an. Die SBB und die Nordostschweizerischen Kraftwerke (NOK) beantragten deshalb eine neue Konzession zur Nutzung der Sihl. Bemerkenswert war die breite Zustimmung: Die

Kantone Schwyz, Zürich und Zug sowie die Bezirke Einsiedeln und Höfe stimmten dem Vorhaben zu – eine aussergewöhnlich hohe Zahl an Instanzen, die beteiligt waren.

1930 legten SBB und NOK ein überarbeitetes Etzel-Projekt vor, das in seiner technischen Grundstruktur weitgehend dem ursprünglichen Entwurf von Louis Kürsteiner folgte. Dass sein Konzept rund 30 Jahre nach der ersten Ausarbeitung nahezu unverändert übernommen wurde, unterstreicht die Weitsicht und Qualität von Kürsteiners Projektidee.



Anlagekonzept Etzelwerk (1930 bis heute).

(FOTO: ETZELWERK/SBB: SNAPSHOT AUS FALTPROSPEKT 2006)

Vorgesehen war weiterhin die Stauung der Sihl in den Schlagen nördlich von Einsiedeln auf 892,60 m ü. M. und die Ableitung des Wassers in den oberen Zürichsee auf 409,30 m ü. M., mit einem Bruttogefälle von 483 m zur Kraftwerkszentrale bei Weinberg in der Gemeinde Altendorf.

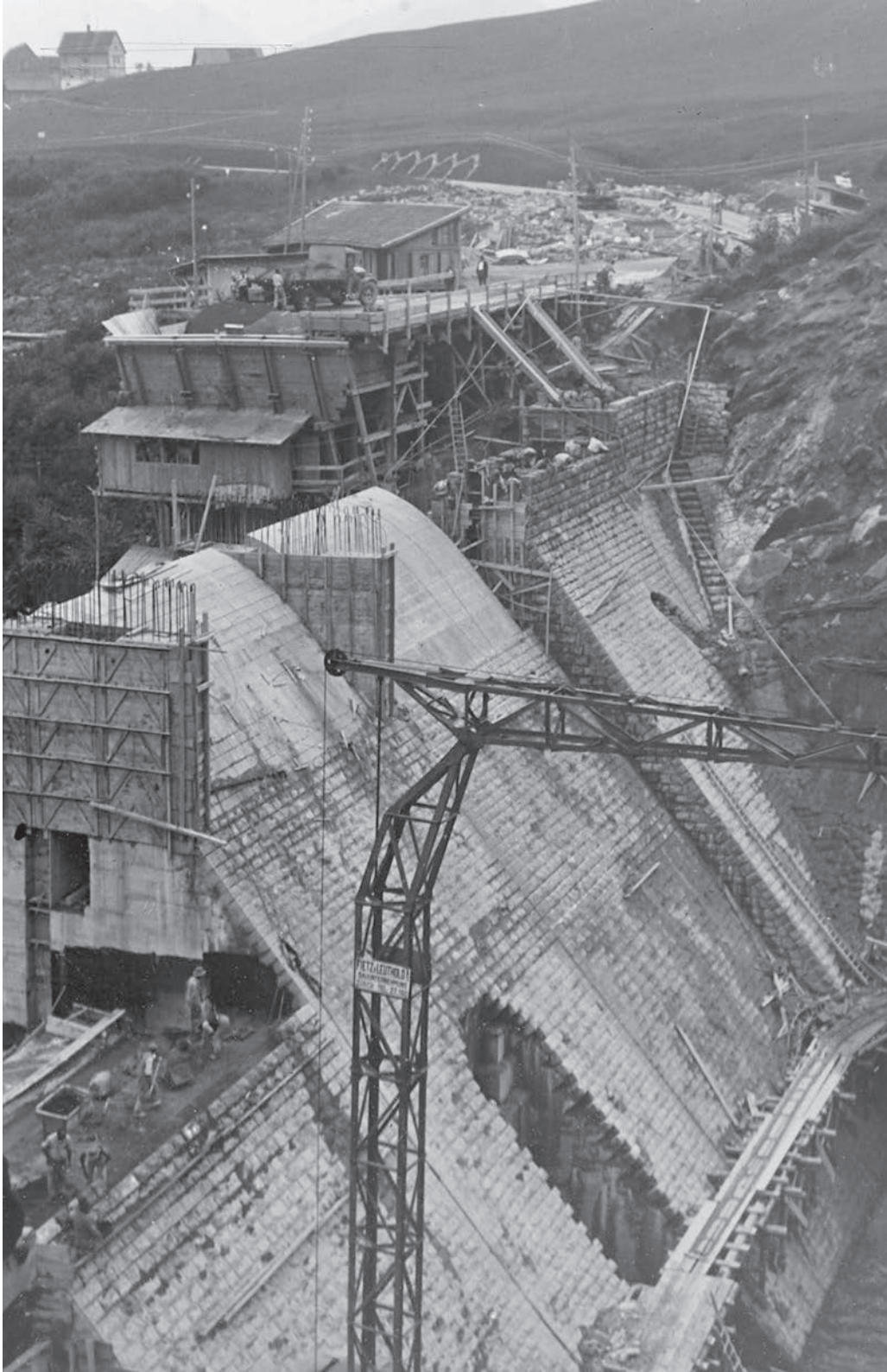
Das Einzugsgebiet des geplanten Stausees umfasst 156 km². Der See entsteht in einem flachen Hochtal auf etwa 880 m ü. M., das früher stark vernässt war. Für den Sihlsee wird dieses Tal auf eine Fläche von rund 11 km² aufgestaut. Seit 1901 werden die Abflussmengen der Sihl bei Untersiten gemessen, woraus sich eine durch-

schnittlich nutzbare Wasserführung von 5,0 m³/s ergibt. Der entstehende See wird etwa 9 km lang und durchschnittlich 1,3 km breit sein. Insgesamt kann er 96,5 Mio. m³ Wasser speichern; davon sind 91,6 Mio. m³ nutzbarer Stauraum, wenn der Wasserspiegel bis auf die Höhe von 880,00 m abgesenkt wird.



Staumauer «In den Schlagen» im Bau, 1936, mit Blick ins Sihl-Hochtal: Die Hauptstaumauer des Sihlsees. Sie wurde von 1932 bis 1936 gebaut und ist eine Schweregewichtsmauer aus Beton. Sie staut die Sihl direkt zum Sihlsee auf und bildet das zentrale Bauwerk des Systems.

(FOTO:
ETH-BIBLIOTHEK ZÜRICH,
BILDARCHIV / DIA_282-
0966, 1936)



Blick auf die luftseitige, noch im Bau befindliche Staumauer, die aus der Nähe als massive Wand wirkt. Trotz des zunächst statischen Eindrucks herrscht reger Betrieb: unten links arbeiten Bauleute, oben stehen weitere auf einer Plattform. Gerüste, Transportachsen, ein Kran und noch unvollendete Betonpfeiler zeigen den fortlaufenden Bauprozess, 1936.

(FOTO: ETH-BIBLIOTHEK ZÜRICH, BILDARCHIV / DIA_247-09880, 1936)

Baustart für Etzelwerk

1932: Beginn der Bauarbeiten für den Staudamm des künftigen Sihlsees und die Kraftwerkzentrale in Altendorf am oberen Zürichsee.

Staumauer in den Schlagen: Der Talabschluss des Sihlsees liegt in den Schlagen, wo sich die Sihl tief in einen Molassefelsriegel eingeschnitten hat. Dort steht die gerade Schwergewichtsmauer, fundiert im Fels mit dreieckigem Querschnitt. Die Höhe über Gewässersohle beträgt 23 m, die Kronenlänge 124 m, das Bauvolumen 28 000 m³ Beton inkl. Verkleidung. Im Vergleich zu den Staumauern von Wägital/SZ (Staumauervolumen: 236'600 m³, Inbetriebsetzung: 1926) oder Barberine/VS (Staumauervolumen: 206'000 m³, Inbetriebsetzung: 1925) benötigt die Etzelwerk-Staumauer weniger als ein Zehntel des Betonvolumens anderer Staudämme ihrer Zeit – dank der aussergewöhnlich günstigen geologischen Verhältnisse.

Damit der vorgeschriebene Stauspiegel nicht wesentlich überschritten werde, sollte gemäss Projekt die Mauer in der Krone automatisch wirkende Stauklappen oder Saugüberfälle erhalten, die die vorkommenden Hochwasser abzuführen vermögen.

Effektiv wurden in der Mauerkrone drei Hochwasserüberläufe eingebaut, die je-



Willerzeller-Viadukt im Bau, 1936: Nach der Flutung wird es beide Seeufer verbinden. Das Bauernhaus im Vordergrund und die Berge im Hintergrund bleiben bestehen, während die Hütten und das kleine Bauernhaus am rechten Talboden im künftigen See untergehen.

(FOTO: ETH-BIBLIOTHEK ZÜRICH, BILDARCHIV / DIA_247-09856, 1936)

Anpassung des lokalen Strassennetzes

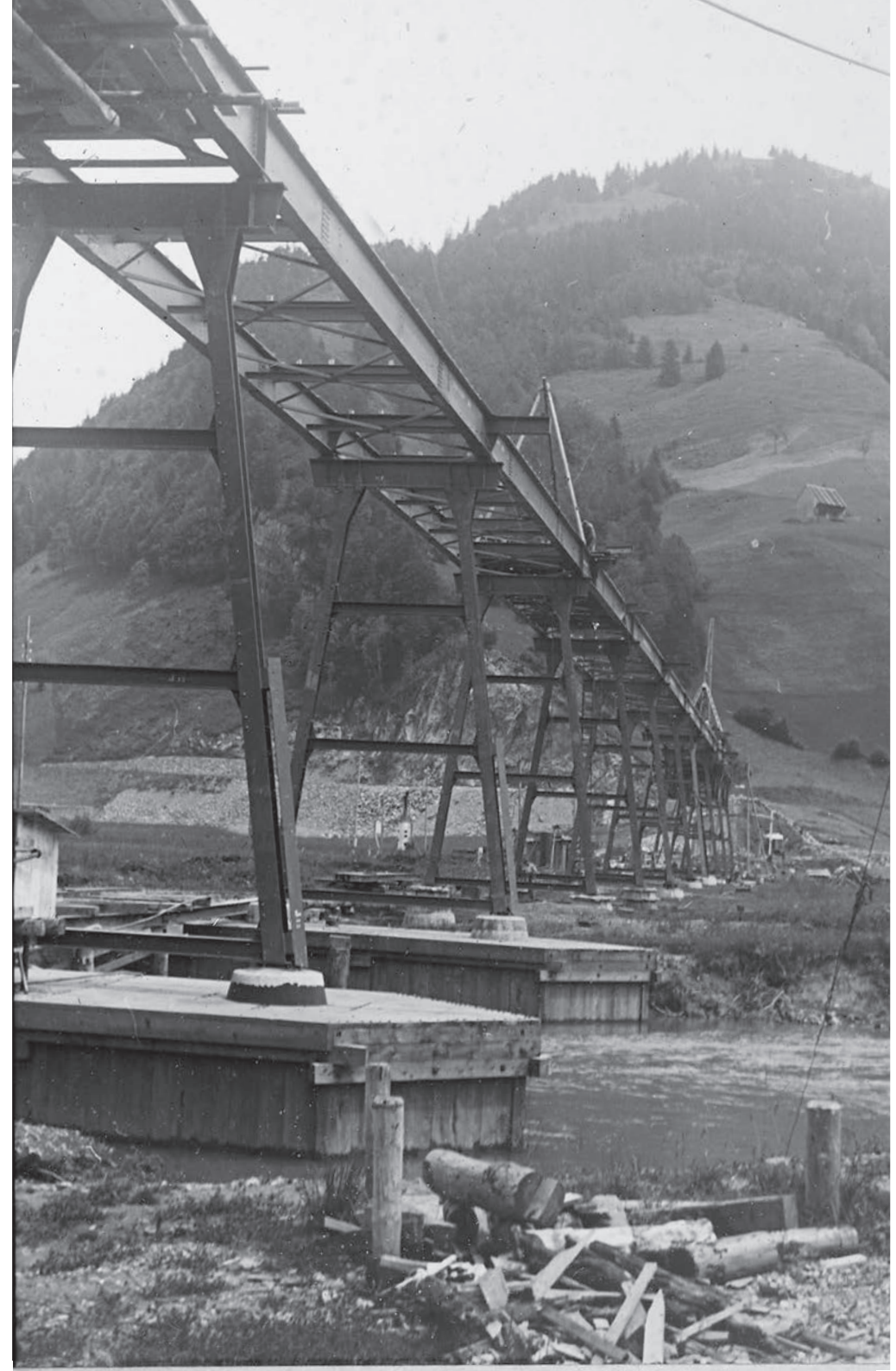
Mit der Entstehung des Sihlsees mussten die entlang des Tals verlaufenden Strassen auf rund 29 km Länge verlegt und durch neue Querverbindungen ergänzt werden. Ein zentrales Element dieser Neuerschliessung bilden die beiden Sihlsee Viadukte – der Willerzeller-Viadukt: 1115 m lang, mit etwa 4,50 m Fahrbahnbreite, und der Steinbachviadukt: 412 m lang, mit etwa 4,50 m Fahrbahnbreite und eine etwa 1,20 m breiten Trottoir.

Da der Untergrund aus Torf und Seeschlamm eine geringe Tragfähigkeit aufweist, wurde für beide Viadukte ein leichter Brückentyp gewählt. Der Oberbau ruht jeweils auf Pendeljochen im Abstand von 20 bzw. 25 m. Jedes Joch steht auf pyramidenförmig geramten Pfahlgruppen aus fünf bis acht Holzpählen; einzelne Standjoche sind mit der doppelten Pfahlzahl fundiert. Die bis zu 28 m langen Pfähle aus den Wäldern der Höhronen und des Waadtlands wurden mit einer Dampftramme eingebracht.

Bevor am 30. April 1937 die Stauung begann, waren die neuen Strassen, die beiden Viadukte, die Staumauer und die Abschlussdämme fertiggestellt. Am 12. Mai 1937 erfolgte die Einsegnung des Sees und der Bauwerke durch den Abt von Einsiedeln.

Steinbachviadukt im Bau, 1936. Er spannt sich hier noch unvollendet über das zukünftige Seebecken; ein Gerüst ist sichtbar, jedoch keine Arbeiter. Im Vordergrund fliesst die Sihl durchs Tal.

(FOTO: ETH-BIBLIOTHEK ZÜRICH, BILDARCHIV / DIA_247-09859, 1936)



Stollen und Druckleitung

Die Wasserentnahme erfolgt etwas oberhalb der Staumauer am rechten Ufer. Von dort wird das Betriebswasser über einen 2830 m langen Druckstollen zum Wasserschloss oberhalb Büsten geführt. Davon entfallen 170 m im Bereich Frühboden auf eine Rohr- bzw. Eisenbetonleitung. Ab dem Wasserschloss beginnt die Druckleitung, die nach einem kurzen Tunnelabschnitt von rund 200 m mit nur einem Richtungswechsel über den Fliegenberg zum Maschinenhaus am Weinberg verläuft. Sie besteht aus zwei parallel geführten Rohrsträngen, jeweils 1,80 m Durchmesser und mit einer Länge von ca. 2100 m in offener Strecke.

Für Bau, Materialtransport und spätere Wartungsarbeiten wurde eine Standseilbahn erstellt. Ein Gutachten von Dr. Hug (basierend auf Grabungen und Schürfungen von 1922) beurteilt die gewählte Linienführung als günstig und bestätigt ein vorteilhaftes Längenprofil gegenüber einer früher untersuchten Variante.

Zentrale und Unterwasserkanal
Probebohrungen aus dem Jahr 1922 führten dazu, den ursprünglich östlich

geplanten Standort des Maschinenhauses auf die Westseite des Weinbergs zu verlegen. Dort kann die Zentrale auf tragfähigem Sandsteinfelsen errichtet werden, während Transformatoren- und Schaltanlagen aufgrund ihrer ruhenden Last auf dem kiesigen Talboden Platz finden.

Das abgearbeitete Wasser wird über einen 440 m langen Unterwasserkanal abgeführt, der die Kantonsstrasse und die Bahnlinie unterquert und schliesslich in den oberen Zürichsee mündet. Gemäss Gutachten des Linth Limmat Verbandes führt diese Wasserabgabe im ungünstigsten Fall zu einer Wasserspiegelanhebung von lediglich 2,7 mm im Obersee. Schädliche Auswirkungen auf Ufer oder angrenzendes Land sind damit praktisch ausgeschlossen.

Restwasserregime an der Sihl

Gemäss dem Gutachten von Dr. J. Epper (1904) soll die Sihl so dotiert werden, dass ihre Wasserführung nicht unter 2,5 m³/s fällt. Diese Mindestmenge gilt beim Eintritt in den Kanton Zürich oberhalb Hütten und stellt sicher, dass die unterliegenden Wasserwerksbesitzer angemessen versorgt bleiben. Die er-

höhte Niederwassermenge führt zudem zu einer regelmässigeren Wasserführung, wovon sämtliche Kraftwerke im Sihltal profitieren.

Die im Konzessionsvertrag festgelegte Minimalwassermenge von 2,5 m³/s setzt voraus, dass die Abflussverhältnisse der Seitenbäche zwischen Stausee und Kantonsgrenze unverändert bleiben.

Restwasserregime (seit Konzessionsverlängerung 1987):

- Unterhalb der Staumauer: 0,3–0,4 m³/s
- Beim Eintritt in den Kanton Zürich: 2,5–3,0 m³/s
- Jährlicher Dotierbedarf: ca. 29 Mio. m³ (≈ 12 % des natürlichen Zuflusses)

Mückengeld / Bestandteil der Betriebskonzession

Die Betriebskonzession sieht vor, dass der Pegel des Sihlsees jeweils zwischen 1. Juni und 31. Oktober nicht unter 887,34 m ü. M. sinken darf (Maximalstau: 889,34 m ü. M.). Wird dieser Mindestpegel unterschritten, müssen die SBB dem Bezirk Einsiedeln eine tägliche Busse – das «Mückengeld» – bezahlen.

Hintergrund ist die Gefahr von Mückenplagen auf freigelegten Schlammflächen. Schon in den 1930er Jahren erkannte man die Auswirkungen eines zu stark abgesenkten Stausees auf Gesundheit, Landwirtschaft und Lebensqualität. Die Regelung wurde bereits 1932/1937 in die Konzession aufgenommen und gilt als frühe ökologische Auflage. Denkbar ist, dass Erfahrungen von Kürsteiner beim Bau des Panamakanals in diese Überlegungen eingeflossen sind. Die ursprüngliche Strafe betrug 2'500 Fr./Tag.

Um den vorgeschriebenen Mindestpegel zuverlässig einzuhalten, begannen die Betreiber, in den Nachtstunden mit günstigem Strom Wasser aus dem Zürichsee zurückzupumpen. Die dafür benötigte Förderanlage wurde 1947 in Betrieb genommen. Auch in der neuen Konzession von 2023 bleibt die Mindestpegelregelung bestehen; die heutigen Bussen liegen bei 20'000–45'000 Fr./Tag.



Im Hintergrund erkennt man die Baustelle mit der im Bau befindlichen Staumauer «In den Schlägen». Im Vordergrund dominiert das Wohnhaus, das bald geflutet wird.

(FOTO: ETH-BIBLIOTHEK ZÜRICH, BILDARCHIV / DIA_247-09876, 1936)

Baukosten-Finanzierung der Etzelwerk AG

Für die Baukosten von 62 Mio. Fr. wurde das Aktienkapital der Etzelwerk AG auf 20 Mio. Fr. festgesetzt. Die SBB übernahm mit 55 % 11 Mio. Fr., die NOK mit 45 % 9 Mio. Fr. Die darüber hinaus benötigten Mittel sollten durch Anleihen oder Vorschüsse beschafft werden.

I. Gemeinschaftsanlage:

1. Verwaltung und Bauleitung: 1'670'000 Fr.
 2. Verzinsung des Baukapitals: 3'130'000 Fr.
 3. Erwerb Grund und Rechte: 18'600'000 Fr.
 4. Baulicher Teil: 27'900'000 Fr.
- Zwischentotal: 51'300'000 Fr.

II Sonderanlage

- 1 Maschinell-elektrische Anlage
SBB (60 kPS): 5'900'000 Fr.
- 2 Maschinell-elektrische Anlage
NOK (50 kPS): 4'800'000 Fr.
- Totale Baukosten: 62'000'000 Fr.**

Für den Betrieb des Etzelwerks wurden jährliche Kosten von 2,67 Mio. Fr. veranschlagt. Die Stromgestehungskosten für den SBB Anteil lag bei 3,6 Rp./kWh. Ein wesentlicher Kostenfaktor war der Landerwerb für den Sihlsee: Insgesamt mussten 11 Mio. m² Fläche übernommen und entschädigt werden – davon 14 % unproduktives Land, 45 % Torf- und Streuland, 41 %, Wiesen, Pflanz- und Weideland.

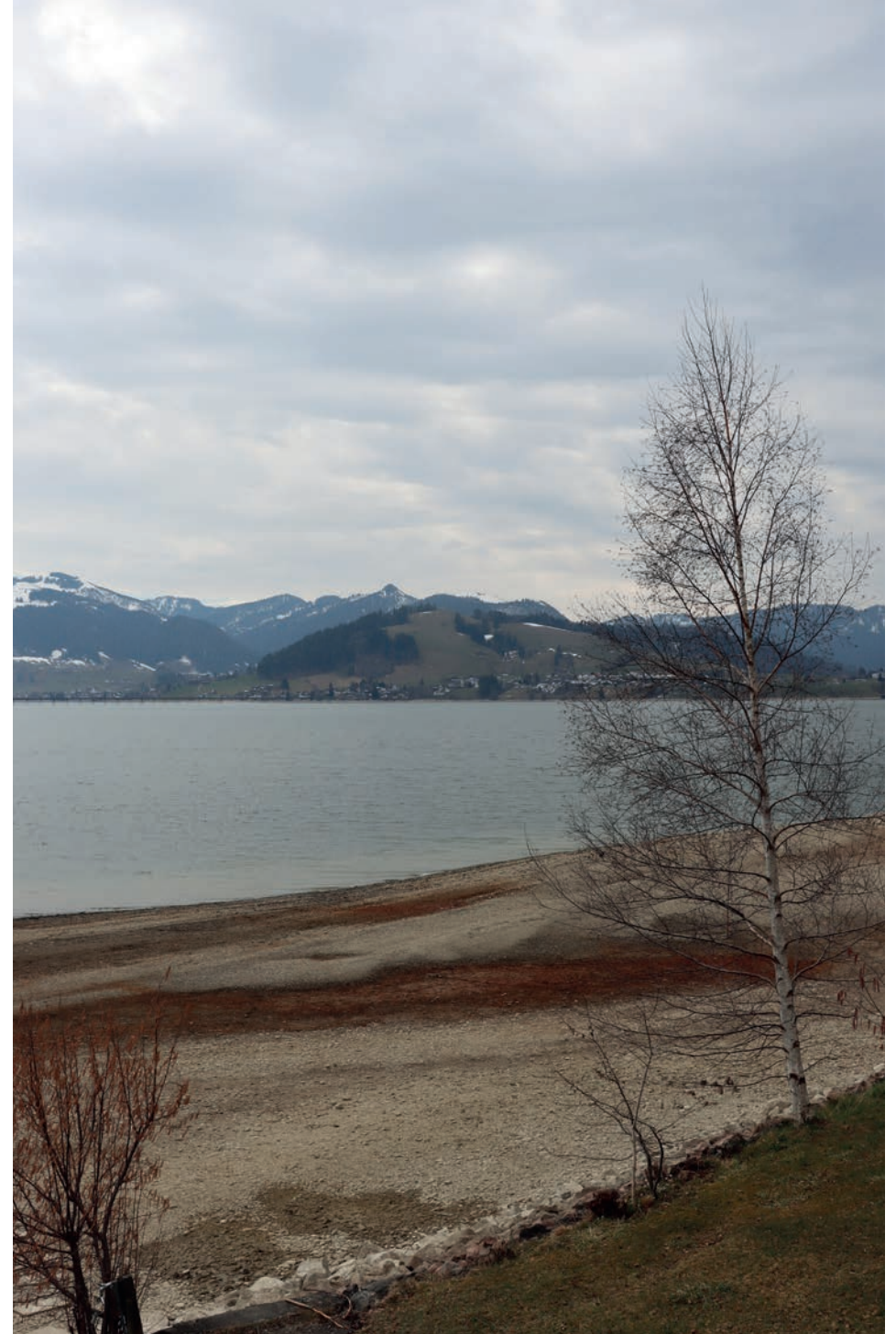
Als Ersatz für überflutete Heimwesen entstanden 30 neue Siedlungen, an deren Bau sich das Etzelwerk finanziell beteiligte. Demgegenüber konnten die Kosten für die kompakte Staumauer dank des geologisch günstigen Standorts vergleichsweise niedrig gehalten werden.

Auswirkungen auf die Bevölkerung und den Baubetrieb

Durch die Anlage des Sihlsees waren über 1700 Personen betroffen; rund 500 mussten das Gebiet verlassen. Insgesamt wurden 93 Wohnhäuser, 124 Scheunen mit Stallungen, 13 Feldscheunen, 179 Torfhütten sowie 14 weitere Gebäude (u. a. Sägereien, Kapellen, gedeckte Brücken) überflutet. Betroffen waren zudem 55 Bauernhöfe mit Gebäuden und Land. Als Ersatz entstanden 30 neue Bauernbetriebe und Wohnhäuser für rund 175 Personen. Von den früher weit verbreiteten Flach- und Hochmooren blieb nur die Schwantenua erhalten – heute mit 384 ha eines der grössten Hochmoore der Schweiz und ein Hinweis auf die ursprüngliche Landschaft des Sihlseebeckens.

Der Sihlsee mit Blick von der Sulzerstrasse ab Willerzell, Mösli am 25. März 2026 – Pegelstand: 884.50 m ü. M.

(FOTO: CLEMENTINE HEGNER-VAN ROODEN)





Das Sihl-Hochtal vor dem Einstauen, 1936.

(FOTO: ETH-BIBLIOTHEK ZÜRICH, BILDARCHIV / DIA_247-09881, 1936)

«Den Bomben zum Opfer», Auszug aus der Zürcher Illustrierten, Mai 1937. Vor der Flutung des Sihlsees testete die Armee am 4. Mai 1937 an zwei leerstehenden Bauernhöfen die Wirkung neuer Fliegerbomben. Vor zahlreich erscheinendem Publikum wurden zunächst 50-kg-Sprengbomben, anschliessend 1,5-kg-Brandbomben abgeworfen. Die Gebäude dienten als Zielobjekte, bevor sie später im See versanken.

(ZEITSCHRIFTAUSSCHNITT: ZUI-001_1937_13___2044_1937 - ZÜRCHER-ILLUSTRIERTE)



Was auf den obigen vier Bildern zu sehen ist, zeigt den Verlauf der Explosion einer 50 kg-Sprengbombe. Die Bombe explodiert 1,5 m vom Hause entfernt. Sie kreiert in Zeit- oder Verzögerungszündung, das heisst nicht beim Aufschlag auf den Boden, sondern erst, nachdem sie tief in den Boden eingedrungen war. Wie sich so eine Bombe in die Erde schiebt, zeigt die Bodenbeschaffenheit, dem Gerüche der Bombe und der Flughöhe des abwertenden Flugzeuges ab. In diesem Falle war die Wirkung folgender: die Dächer des Trichters sind über 10 km hoch. Ein Trichter von 8 m Durchmesser und 2,5 m Tiefe wurde ausgehöhlet. Seine Erdklumpen, Dachziegel, Bretter und andere Bestandteile des Hauses wanden bis 40 m in die Luft geworfen, die Trichter bilden sich zum Teil auf einer Seite und verschwand zum grössten Teil im entstandenen Gefälle. Der ganze Vorgang verlief sich in der Zeit von 15 Sekunden. Der Photograph hatte seinen Standort in 200 m Entfernung. Er arbeitete von Teleskop und mit zwei Apparaten zugleich. Bild 3 ist gekennzeichnet durch große Umstände. Sie rufen von der Eradikulation her, die die Explosion — selbst auf die große Distanz von 500 m — im Boden und in der Luft hervorruft.

Yacht! La bombe a explosé au contact de sol projetant une grêle de 40 mètres de haut. La maison est détruite.

...zum Opfer

Bildbericht vom Untergang der letzten Bauernhäuser am neuen Sihlsee

Photos Guggenbühl, Pissara



Gefechtsplatz. Staunend betrachten die Bewohner der Sihlregion die Wirkung der Fliegerbomben in ihrem ehemaligen Grund und Boden und ihren Wohnhäusern. Im Hintergrund ist die Staunmasse des Fischwerkes sichtbar. Pendant son arrêt de combat, les paysans vont se rendre compte de l'effet des bombes.



Bombardement

Les dignes in barrages sont terminés et déjà les eaux de la Sihl commencent à former son lac artificiel au pied de l'Écluse. Toutes les constructions qui s'élevaient sur cette étendue devraient être abandonnées pour le futur. On laisse subsister deux maisons paysannes pour permettre à notre aviation d'exercer l'effet de ses nouvelles bombes de 50 kilos et de ses bombes incendiaires.

Nach den Versuchen mit den 50 kg-Sprengbomben wurden die Überreste des bombardierten Gehöfes mit mehreren Sorten Brandbomben belegt. Brandbomben sind kleine Geschosse von 1 kg Gewicht, die nicht steuern, sondern nur in Serien von 3 Stück abgeworfen werden. Et finalement on laisse le feu aux débris de l'habitation avec des bombes incendiaires.

Inbetriebnahme des Etzelwerks

Am 13. September 1937 erreichte der See erstmals die maximale Stauhöhe. Die Inbetriebnahme erfolgte im gleichen Jahr per 23. Oktober mit sechs Pelton-Turbinen. Je drei Generatoren produzieren Dreiphasenwechselstrom für das Landesnetz und Einphasenwechselstrom für die SBB.

1947 installierte man zwei Sulzer-Speicherungspumpen, was zum damals grössten Pumpspeicherwerk der Schweiz führt.

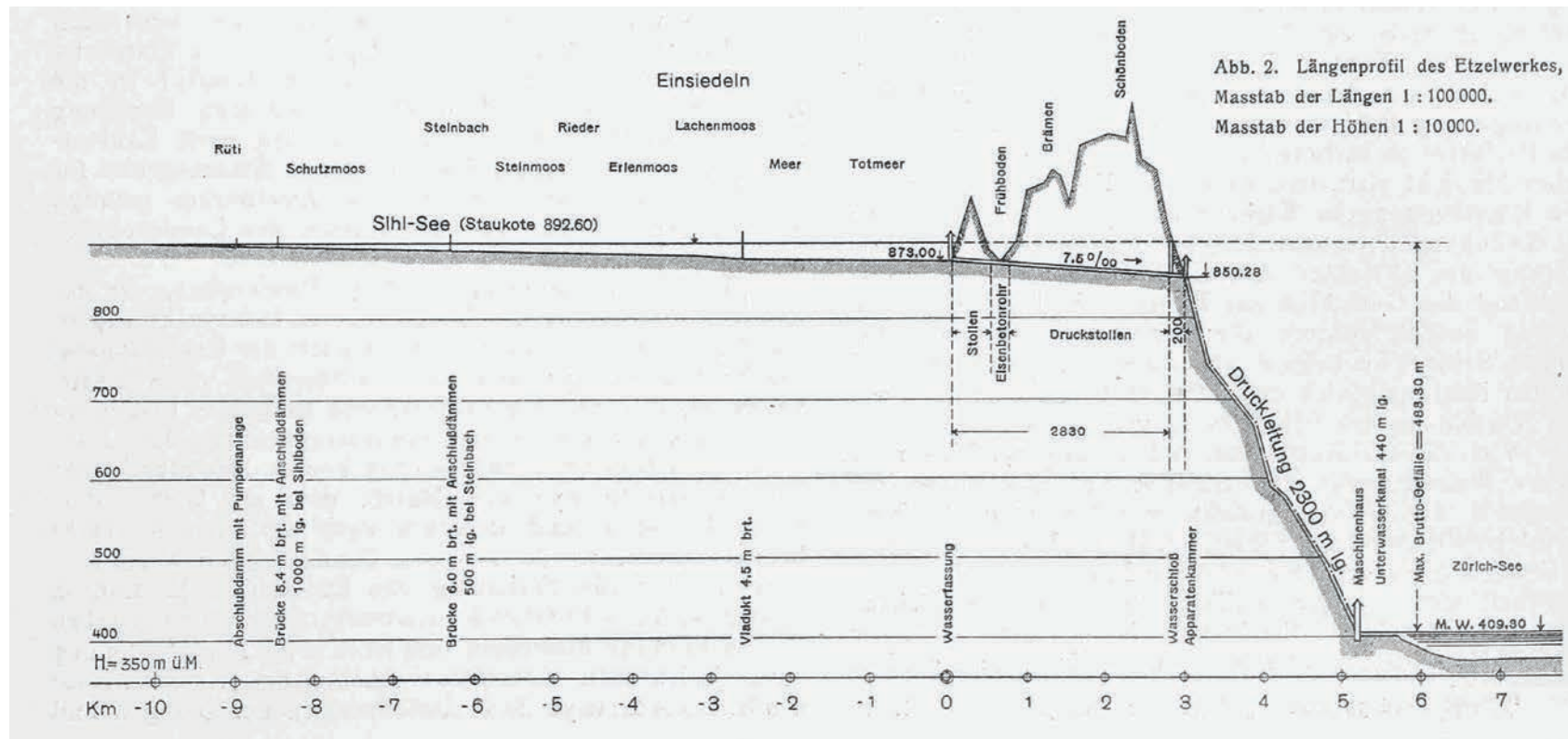
Bei Bedarf kann Zürichseewasser via bestehendem Unterwasser-Kanal in den Sihlsee gepumpt werden. Mit den Pump-turbinen ist ein flexibler Kraftwerkeinsatz möglich und die allfällige Zahlung von Mückengeld kann weitgehend verhindert werden.

Vom 1969 bis 1973 erfolgte die Erweiterung des Kraftwerks um eine siebte Maschinengruppe, die turbinieren und pumpen kann. Das Maschinenhaus

wird um 25 m verlängert.

Im Jahr 1987 beliefern die NOK den Kanton Schwyz noch bis im September mit Strom aus dem Gemeinschaftswerk. Anschliessend verkaufen sie ihren hälftigen Anteil am Etzelwerk an die SBB, die sich fortan als alleinige Aktionärin um die Konzession bewirbt. Das SBB-Kraftwerk erhält eine Übergangskonzession bis Ende 2022. Seither erzeugen alle grossen Synchrongeneratoren aus-

schliesslich Bahnstrom (16,7-Hz-Einphasenwechselstrom). Für die SBB hat das Etzelwerk grosse Bedeutung: Es liefert rund zehn Prozent des Schweizer Bahnstroms. Die Konzessionsgeber wiederum profitieren jährlich von etwa 3 Mio. Fr. Wasserzinsen, die die SBB entrichtet, sowie von einer bestimmten Menge Strom zu Vorzugsbedingungen. Weitere Einnahmen stammen aus der jährlichen Pumpabgabe und einer einmaligen Konzessionsgebühr



Längsprofil vom Sihlsee zum Zürichsee, mit Druckleitungen.

(PLAN: SBZ-002-1929_93 PROFIL (SCHWEIZER BAUZEITUNG))



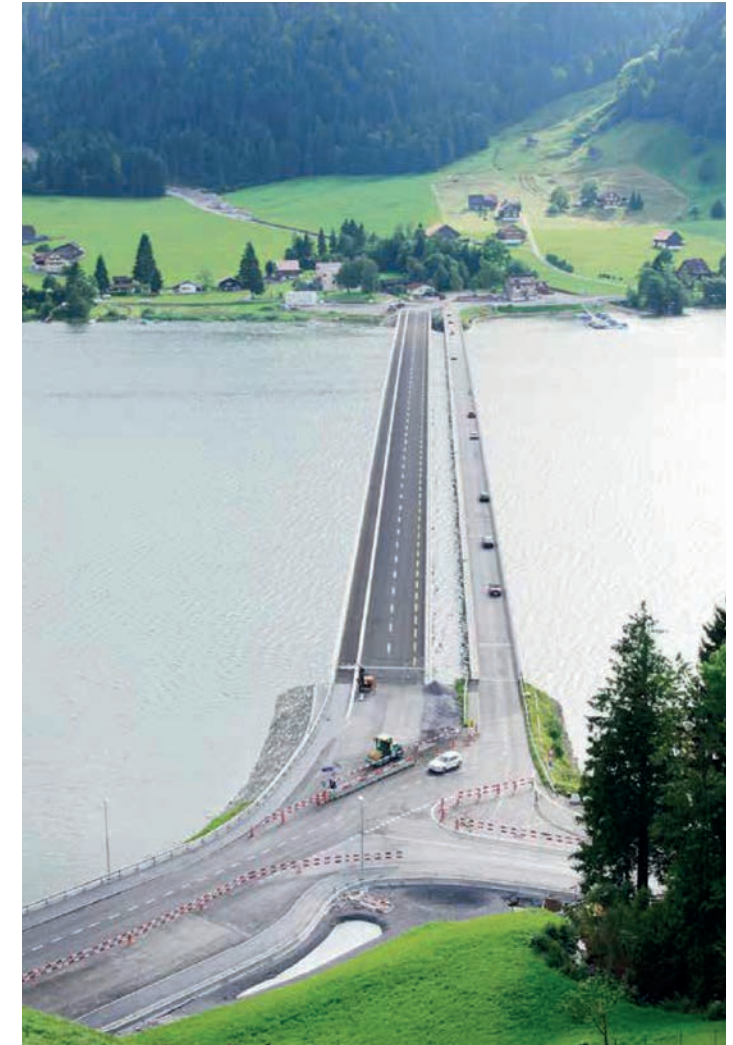
Die Kraftwerkszentrale (Maschinenhaus) in Altendorf, mit Transformationsanlage im Freien sowie Mündung des 400 m langen Unterwasserkanals in den Zürichsee am 2.8.1954.

(FOTO: TH-BIBLIOTHEK ZÜRICH, BILDARCHIV / LBS_H1-017060, 1954, ZOOM)

Erneuerungen stehen an

Nach 75 Jahren Betrieb standen verschiedenen Instandsetzungsarbeiten am Eitzelwerk und seinen Infrastrukturbauten an. So erforderte beispielsweise der Steinbachviadukt eine Erneuerung. Von 2011 bis 2014 plante man einen Ersatzneubau unmittelbar neben der bestehenden Brücke – nicht eine Instandsetzung der alten, wovon man zuerst ausging. Die neue Spannbetonbrücke

auf Betonjochen ist 441 m lang und 12,6 m breit, inklusive einseitigem Radstreifen und abgesetztem Rad-/Gehweg. Zur Fundierung im Seegrund wurden rund 9 km Holzpfähle verbaut. Die Vorarbeiten starteten 2011, die Eröffnung erfolgte am 22. August 2014. Die Gesamtkosten betragen rund 29 Mio. Fr., wobei sich das Eitzelwerk mit 9 Mio. Fr. an der Erneuerung bzw. Verbreiterung beteiligt hat.



Der Steinbachviadukt
am 25. März 2026
– Pegelstand: 884.50 m ü. M.

(FOTO: CLEMENTINE HEGNER-VAN ROODEN)

Der neue Steinbachviadukt, kurz vor der Eröffnung 2014. Rechts davon der schmalere alte Viadukt, der später abgebrochen wurde.

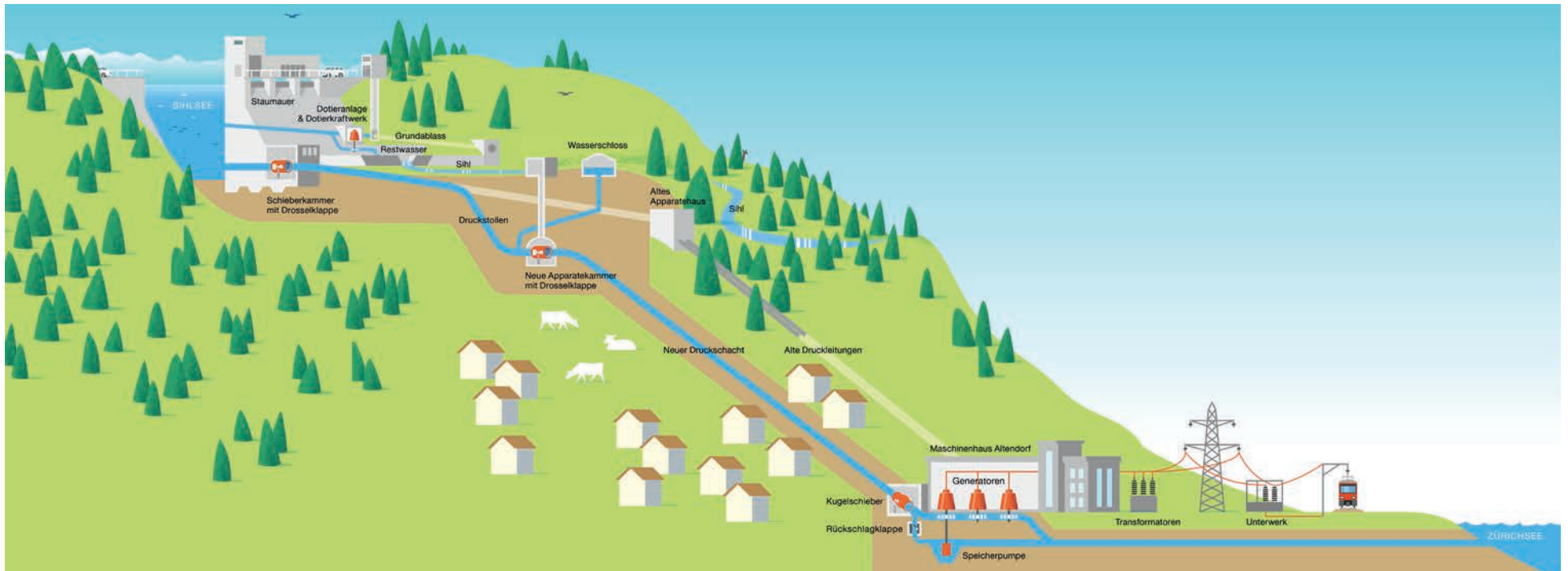
(FOTO: FRANZ KÄLIN, EINSIEDELN)

Ebenso einer Erneuerung bzw. Verbreiterung benötigt der **Willerzeller Viadukt** – bauähnlich zum Steinbachviadukt. Entgegen früheren Ankündigungen bleibt die Strassenverbindung im Besitz der SBB. Sie übernimmt damit auch nach 2022 den Unterhalt, die Instandsetzung für rund 22 Mio. Fr. sowie eine Verbreiterung um 90 cm auf rund 5,4 m. Im Gegenzug können die SBB ihre Infrastruktur verschlanken: Sechs Brücken gehen unentgeltlich an den Kanton Schwyz, fünf Bachgrundstücke im Einlaufbereich des Sees an den Bezirk Einsiedeln.



Der Willerzeller-Viadukt
am 25. März 2026
– Pegelstand: 884.50 m ü. M.

(FOTO: CLEMENTINE HEGNER-VAN ROODEN)



Schemaplan mit den geplanten Installationen zur Erneuerung des Etzelwerks, 2024.

(SCHEMA: ETZELWERK/SBB: INFOGRAPHIK ERNEUERUNG ETZELWERK, 2025)



Die Staumauer «In den Schlagen» am 25. März 2026.

(FOTO: CLEMENTINE HEGNER-VAN ROODEN)

SBB setzt auf Verlängerung des Etzelwerk Betriebs

In den Jahren 2013 bis 2022 erfolgten Konzessionsverhandlungen und Volksabstimmungen in den Bezirken Höfe und Einsiedeln. Nach den Kantonen Zug, Zürich und zwei Schwyzer Bezirken stimmt auch der Kanton Schwyz der Verlängerung der Etzelwerk-Konzession um 80 Jahre zu. Die Etzelwerk-Konzession tritt rückwirkend auf Anfang 2023 in Kraft.

Die SBB stellt im Juni 2024 Pläne zur Er-

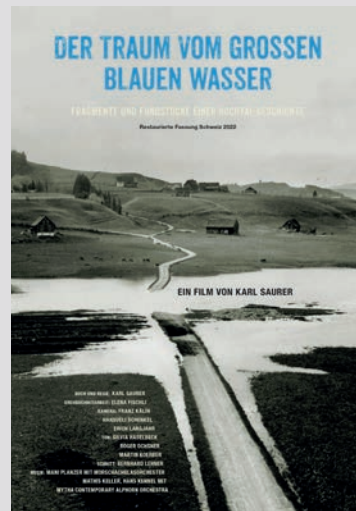
neuerung des Etzelwerks, zum Neubau einer Dotieranlage und zur Revitalisierung der Sihl beim Sihlwald vor. Die Leistung des Etzelwerks bleibt bei 134 MW. Geplant sind der Ersatz von drei Turbinen in Altendorf und Vereinheitlichung des Kühlsystems sowie die künftige Einspeisung der Abwärme ins lokale Fernwärmenetz. Ausserdem der Ersatz der zwei oberirdischen Druckleitungen durch einen unterirdischen Druckschacht und der Bau einer Dotieranlage zur Sihl mit kleinem Kraftwerk zur Sicherung der geforderten Restwas-

sermengen. Zur Kompensierung der geplanten Vorhaben verpflichtet sich die SBB zur Finanzierung verschiedener Umweltmassnahmen – die Revitalisierung der Sihl bei Sihlwald auf einer Länge von ca. 1800 m (ab 2026), einen Fischaufstieg bei Sihlhölzli (Zürich), Stillgewässer um den Sihlsee, die Aufwertung Grüngürtel Sihlsee und die Reaktivierung Flachmoore Ibergereg.

90 Jahr-Jubiläum im 2027

Der Weiterbetrieb des Etzelwerks ist wieder für 80 Jahre gesichert, und es darf 2027 sein 90-jähriges Jubiläum gefeiert werden. Besonders hervorzuheben wäre dann die Weitsicht des ursprünglichen Entwurfs von Louis Kürsteiner. Dass das in den 1890er Jahren entwickelte Konzept rund dreissig Jahre später in seiner Grundstruktur fast unverändert realisiert wurde, spricht für seine ausserordentliche planerische Qualität und technische Klarheit.

Im Jahr 2020 wurde in St. Gallen die schweizweit einzige Kürsteinerstrasse eingeweiht. Es drängt sich geradezu auf, diesem prägenden Ingenieur auch am Sihlsee eine entsprechende Würdigung zukommen zu lassen – etwa in Form einer Kürsteinerpromenade oder Kürsteinerstrasse mit direktem Bezug zum Etzelwerk. – Lassen wir uns überraschen. Kürsteiner hätte es verdient.



Filmplakat, 2022, für die Aufführung des restaurierten Films (Digital Cinema Package).

(PLAKAT: [HTTPS://WWW.PALAZZO.CH/ARCHIVKINO/DER-TRAUM-VOM-GROSSEN-BLAUEN-WASSER](https://www.palazzo.ch/archivkino/der-traum-vom-grossen-blauen-wasser))

Der Traum vom grossen blauen Wasser

Zum Etzelwerk existieren zwar einzelne Fachartikel, doch kein umfassendes Fachbuch, das dieses bedeutende

Bauwerk wirklich angemessen dokumentiert und beschreibt. 1993 schloss Regisseur Karl Saurer diese Lücke in der Dokumentation des Etzelwerks und realisierte den 86-minütigen Film «Der Traum vom grossen blauen Wasser» mit dem Untertitel: Fragmente und Fundstücke einer Hochtal-Geschichte. Der Dokumentarfilm verbindet historische Aufnahmen, Zeitzeugenberichte, Interviews und Material aus der Bauzeit zu einer vielschichtigen Erzählung über die Stauung der Sihl, die Umsiedlungen, den Landschaftswandel und die Konflikte zwischen Berglandwirtschaft und industriellem Strombedarf.

Saurer folgt verschiedenen Spuren, ohne anzuklagen, und bleibt stets nah an den Men-

schen, ihren Stimmen, Gesichtern und Erinnerungen. Unterstützt von Kameramann Franz Kälin, der die Landschaft um den Etzel eindrucksvoll einfängt, und der sorgfältigen Montage von Bernhard Lehner, entsteht ein erzählerischer Fluss, der altes und neues Bildmaterial kunstvoll verknüpft.

Die Vielfalt der Perspektiven führt immer wieder zu überraschenden Einsichten – von Auswandererbriefen bis zu Spielszenen über den Widerstand gegen die «fremdä Fötzle vo Züri». Archivaufnahmen vom Bau des Damms und des Viadukts ergänzen die persönlichen Geschichten. Mit Blick auf die heutige Energie und Speicherdiskussion hat der Film zusätzliche Aktualität gewonnen.

Literaturverzeichnis

- Nachhaltige Ingenieurbauwerke rund um den Zürichsee, Hans Burch & Hans Streiff, 2025, ISBN-Nr. 9 783907 479094
- Das Etzelwerk, Faltprospekt, 2006
- Schweizerische Bauzeitung (SBZ), Die projektierten Kraftanlagen im Wäggitthal und am Etzel, 22.4.1899

- Schweizerische Bauzeitung (SBZ), Das projektierte Etzelwerk, 14.12.1929
- Appenzeller Jahrbücher, 1923, Nachruf Ingenieur Louis Kürsteiner 1862-1922
- Konzessionserneuerung Etzelwerk: FAQ – Infobroschüre der Behörden, 3.2.2020
- Neubau Steinbachviadukt, Projektblatt, dsp, 2016
- Bericht Hochwasserschätzmethode in der Praxis, erarbeitet durch geo7 im Auftrag des

- AWEL, Dez. 2023
- Swiss Films: Filmplakat «Der Traum vom grossen blauen Wasser», 2022
- Staatsarchive der Kantone Zürich und Schwyz
- Einsiedler Anzeiger, Zürichsee-Zeitung
- Zürcher Illustrierte (1925 – 1941)
- Fotoarchiv der ETH (epics)
- Foto Kälin GmbH, Einsiedeln



Der Erdschüttdamm «Hüenermatt» mit Lehmkern am 25. März 2026 (auch Hühnermatt-Damm); zweiter Abschlussdamm gegen das Alptal. Er dient zur seitlichen Abdichtung des Stauraums. Pegelstand: 884.50 m ü. M.

(FOTO: CLEMENTINE HEGNER-VAN ROODEN)

© Gesellschaft für Ingenieurbaukunst
www.ingbaukunst.ch