

Das Kraftwerk Bremgarten-Zufikon

Autor(en): **Fischer, Paul**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Wasser- und Energiewirtschaft = Cours d'eau et énergie**

Band (Jahr): **66 (1974)**

Heft 4-5

PDF erstellt am: **13.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-921245>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Paul Fischer

1. EINLEITUNG

Das Kraftwerk Bremgarten-Zufikon, mit dessen Bau im November 1971 begonnen wurde, ist aus dem Zusammenwirken zweier verschiedener Bestrebungen hervorgegangen. Einerseits wollte der Kanton Aargau die Melioration und die dringend notwendige Verbesserung des Hochwasserschutzes der Reussebene von Mühlau bis Hermetschwil an die Hand nehmen, andererseits hatte das Aargauische Elektrizitätswerk (AEW) schon längere Zeit die Absicht, anstelle des aus den Jahren 1893/94 stammenden, überalterten Kraftwerkes, das auch baulich saniert werden müsste, eine neue Anlage mit besserer Gefällsausnutzung zu errichten. Die Suche nach einer Lösung, die sowohl den Bestrebungen des Kantons als auch den Wünschen des AEW gerecht wurde, führte zu einem Gemeinschaftsprojekt, durch das ausserdem auch die berechtigten Interessen des Naturschutzes gebührend berücksichtigt werden konnten.

2. ALLGEMEINE ANORDNUNG DER KRAFTWERKSTUFE

Der im allgemeinen relativ flache Reusslauf weist auf aargauischem Gebiet zwischen Hermetschwil und Bremgarten eine Gefällstufe auf, die schon vor der Jahrhundertwende durch den Bau des bestehenden Kraftwerkes zur Wasserkraftnutzung herangezogen worden war. Den damaligen Anforderungen entsprechend begnügte man sich mit der bescheidenen Nutzung eines Bruttogefälles von 4,7 bis 6,5 m und einer Ausbauwassermenge von 35 bis 48 m³/s, womit sich jährlich bei einer Leistung von maximal 1500 kW eine Energiemenge von etwa 12 bis 13 Mio kWh erzeugen liess.

Das vorliegende Projekt sieht eine optimale Nutzung der vorhandenen Gefällstufe vor. Es erstreckt sich über eine Länge von 8,9 km und umfasst den Reusslauf zwischen Flusskilometer 19,4 bei Ottenbach—Jonen (Kantons-grenze) und km 28,4 kurz oberhalb Bremgarten. Während die bestehende Anlage sich mit einem Aufstau der Reuss auf Kote 375,54 begnügte, wird nach dem jetzt zu realisierenden Projekt die Talrinne in der Flussschleife unterhalb Hermetschwil bis Kote 380,0 eingestaut; zusätzlich dehnt sich das Staugebiet noch auf einer rund 6 km langen eingedämmten Strecke in den oberliegenden flachen Reussabschnitt aus.

Das Wehr und das Maschinenhaus des neuen Kraftwerkes Bremgarten-Zufikon werden bei Flusskilometer 28,4 — also etwa 400 m unterhalb der bestehenden Zentrale —

erstellt. Ausser dem gegenüber früher bedeutend erhöhten Gefällsbereich von 8,8 bis 12,0 m verfügt das projektierte Kraftwerk auch über eine stark verbesserte Nutzungsmöglichkeit der Wasserführung der Reuss, da die Schluckfähigkeit der Turbinen auf total 200 m³/s festgelegt wurde, so dass bei einer maximalen Leistung von 18 100 kW jährlich im Durchschnitt rund 100 Mio kWh Energie produziert werden können.

Ausbaugrössen des Kraftwerkes:

Ausbauwasserführung	200 m ³ /s
Entsprechendes Nutzgefälle	10,9 m
Maximale Leistung	18 100 kW

Durchschnittsproduktion:

Sommerenergie	65 Mio kWh
Winterenergie	35 Mio kWh
Jahresenergie	100 Mio kWh

3. DIE SPERRSTELLE

3.1 Allgemeines

Unter den verschiedenen in Erwägung gezogenen Wehrbaustellen erwies sich die dem vorliegenden Projekt zu Grunde gelegte als die günstigste. Das neue Kraftwerk musste zur Erreichung einer optimalen Nutzung des vorhandenen Gefälles möglichst weit flussabwärts vorgesehen werden; andererseits sollte es aber doch auf zweckmässige Weise in den Ueberbauungsplan von Bremgarten eingegliedert werden. Die Frage, ob das Maschinenhaus mit Zugang vom linken oder rechten Ufer disponiert werden sollte, wurde entschieden, als sich das Aargauische Elektrizitätswerk entschloss, in Kombination mit dem Kraftwerk ein Unterwerk für ihr Verteilnetz zu erstellen. Es handelt sich um eine 50/16-kV-Innenraum-Schaltanlage mit den dazugehörigen Diensträumen, die unmittelbar neben dem Kraftwerk auf Bremgarter Boden gebaut wird.

Keinen besonderen Einfluss auf die Wahl der Sperrstelle hatten dagegen die geologischen Verhältnisse; die durchgeführten Sondierungen zeigten nämlich, dass im ganzen Gebiet der Untergrund aus verschwemmtem Moränenmaterial, das heisst einer stark wechselnden Lagerung von tonigen Sanden bis schwach plastischen Tonen, besteht. Fels wurde nirgends angetroffen, obwohl die tiefste Bohrung bis auf 78 m abgeteuft wurde.

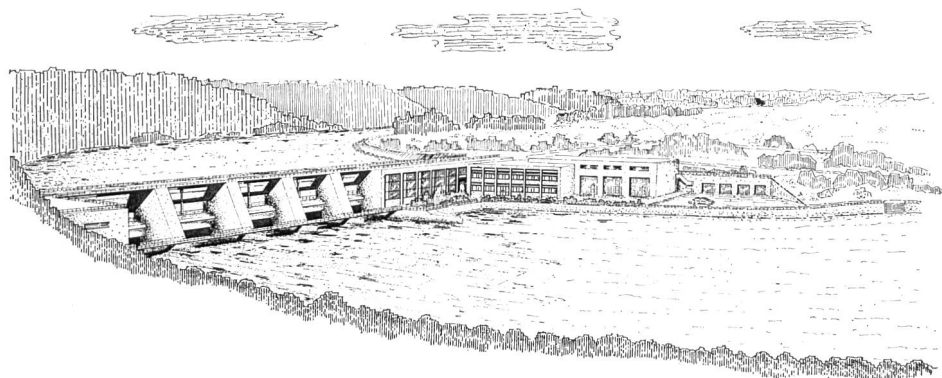


Bild 1
Perspektive Wehr, Maschinenhaus und Unterwerk des Reusskraftwerkes Bremgarten-Zufikon; Ansicht vom Unterwasser

REUSSKRAFTWERK BREMGARTEN – ZUFIKON

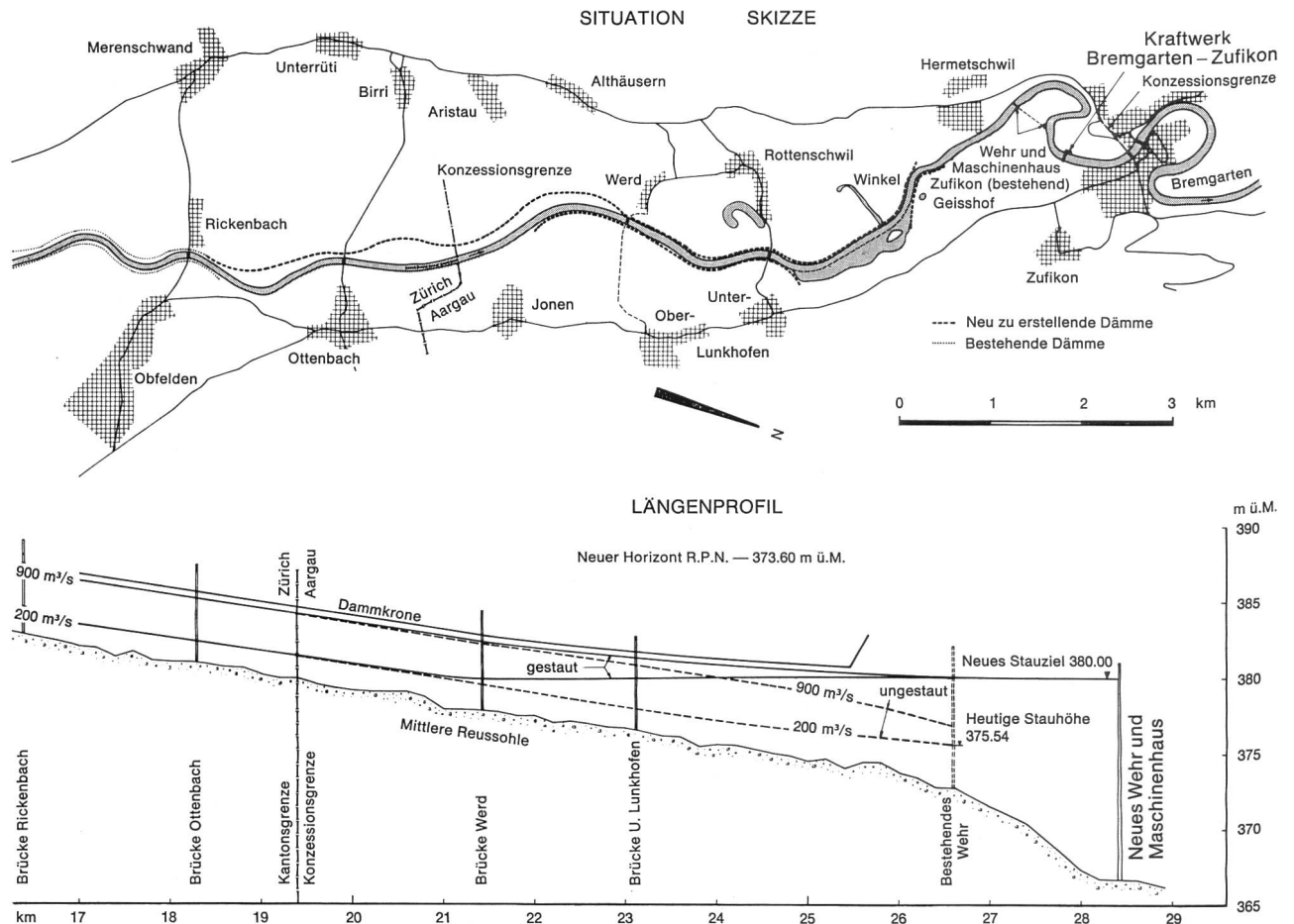


Bild 2 Reusskraftwerk Bremgarten-Zufikon, Lageplan und Längensprofil.

Für die Placierung des neuen Werkes ist ferner von Bedeutung, dass die bestehende alte Anlage durch die Bauarbeiten nicht zerstört wird und den Betrieb bis zu ihrem Abbruch unmittelbar vor dem Einstau aufrecht erhalten kann. Ein durch die Baugruben für den Neubau bedingter Rückstau beeinträchtigt allerdings das Nutzgefälle des bestehenden Kraftwerkes bei grösseren Wasserführungen.

3.2 Das Stauwehr

Das Stauwehr weist, bedingt durch die Baugrundverhältnisse, eine durchgehende starre Fundamentplatte auf, mit darüberliegendem, steif ausgebildetem kastenförmigem Wehrkörper, bestehend aus Pfeilern und Staubalken.

Zur Gewährleistung der Grundbruch- und der Gleitsicherheit sind unter der Fundamentplatte ober- und unterwasserseits durchgehende Dichtungswände bis auf die nötige Tiefe vorgesehen. In den unteren fünf Durchlassöffnungen von je 8,8 m Breite und 1,55 m Höhe werden Segmentschützen eingebaut, während die fünf Ueberströmungsquerschnitte von je 8,8 m Breite und 1,9 m Höhe durch Ueberfallklappen abgeschlossen sind. Der Antrieb erfolgt ölhydraulisch über eine in der Mitte der Schützen und Klappen angebrachte Presse. Die Steuerbefehle werden im Normalfall von der automatischen Niveauregulierung gegeben, die auf Einhaltung des vorgeschriebenen Stauzieles von 380.00 beim Wehr ausgerichtet ist. Für allfällige Revisionsarbeiten steht ein Satz Dammbalken zur Verfügung; die oberwasserseitigen Dammbalken können

allenfalls auch bei den Turbineneinläufen verwendet werden.

Die unteren Durchlassöffnungen und der Wehrüberfall sind so dimensioniert, dass sie das Katastrophenhochwasser von 900 m³/s gefahrlos abzuführen vermögen, und zwar unter der erschwerenden Bedingung, dass die Einlauföffnungen der Turbinen sowie je ein unterer Leerschuss und eine Ueberfallklappe geschlossen bleiben. Das Schluckvermögen eines Wehrdurchlasses bzw. einer Klappe beträgt 195 bzw. 45 m³/s.

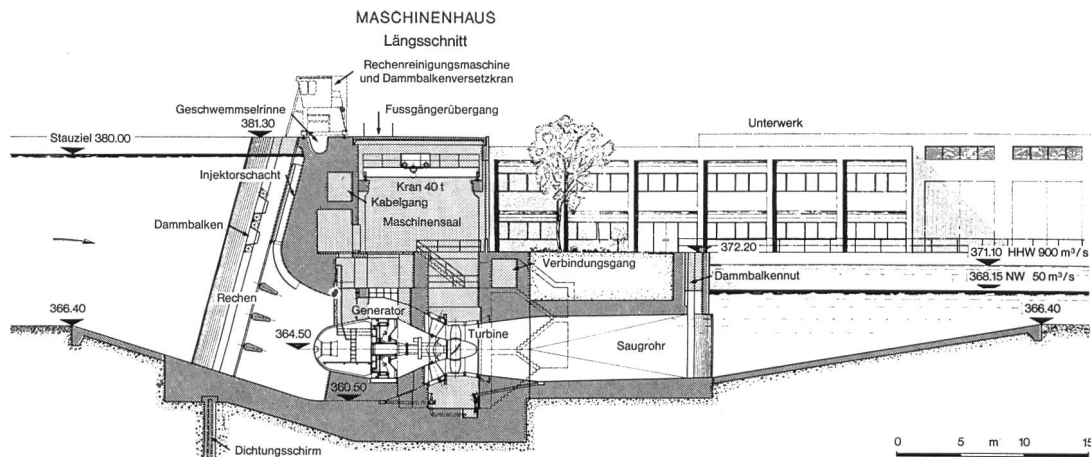
In Anbetracht der leichten Erodierbarkeit der Flusssohle wurde auch der Kolksicherung die erforderliche Aufmerksamkeit geschenkt. Der eigentliche unterwasserseitige Kolkschutz, der mit Modellversuchen überprüft wurde, besteht aus einem langgestreckten Tosbecken aus Beton mit drei eingebauten Zahnschwellen und einem anschliessenden 40 m langen Teppich aus Blöcken mit Durchmessern von 60 bis 100 cm.

Ueber das ganze Wehr und das angegliederte Maschinenhaus läuft eine Gleisbahn für die auch als Dammbalkenversetzkrane verwendbare Rechenreinigungsmaschine. Parallel zu dieser Gleisbahn ist ein Uebergang für Fussgänger vorgesehen, der auch der Oeffentlichkeit zur Verfügung steht.

3.3 Das Maschinenhaus

Das Maschinenhaus umfasst zwei Rohrturbinengruppen mit den zugehörigen, in Block geschalteten Transformatoren:

Bild 3
Längsschnitt
durch das
Maschinenhaus.



2 Rohrturbinen:	Lauffraddurchmesser	3,80 m
	Schluckvermögen	je 100 m ³ /s
	Leistung	je 13 700 PS
	Drehzahl	150 U/min.
2 Dreiphasen-Generatoren:	Leistung (bei cosphi 0,95)	je 10 000 kVA
	Spannung	4,25 kV
	Uebersetzung	4,25/17,1 kV
2 Transformatoren:	Leistung	10 000 kVA
	Uebersetzung	4,25/17,1 kV

Die Turbinen bestehen aus einem horizontalachsigen Laufrad mit vorgesetztem Leitapparat. Lager und hydraulische Reguliereinrichtungen sind zusammen mit dem direkt gekuppelten Generator im tropfenförmigen Stahlgehäuse untergebracht. Ueber den oberwasserseitigen Teil dieses Gehäuses — die sogenannte Kalotte — wird die Generatorwärme an das umströmende Wasser abgeführt.

Für Montage- und Revisionsarbeiten der Maschinengruppen stehen zwei Brückenkrane von je 40 t Tragkraft zur Verfügung. Kleinere Stücke wie Stopfbüchsenlager, Steuerungsteile und einzelne Rotorpole können durch die beiden Einstiegschächte ein- und ausgefahren werden; der Ein- und Ausbau der Generatoren und der Turbinen erfolgt dagegen durch zwei besondere Montageschächte bei entleertem Einlauf und Saugrohr. Als provisorischer Abschluss dient dabei wie beim Wehr je ein Satz von Oberwasser- und Unterwasserdammbalken. Die zu den Gruppen gehörigen Schalttafeln befinden sich in ihrer unmittelbaren Nähe, an der Maschinsaalwand, während die Maschinen-spannungsanlage und die Maschinentrafos sowie die Hilfs-einrichtungen wie Eigenbedarfsanlagen, Druckluftanlagen, Niveauregulierung usw. in der landseitigen Verlängerung des Maschinsaales untergebracht sind. Hier sind auch Montageplatz und Magazine vorgesehen.

Rechtwinklig zum eigentlichen Maschinenhaus, im Anschluss an einen niedrigen Zwischentrakt, ist das 50/16-kV-Unterwerk angeordnet. Die gemeinsam benötigten Räume wie Büro, Kommandoraum, Fernmeldeanlagen, Werkstatt usw. sind im Zwischentrakt untergebracht; der anschliessende Haupttrakt nimmt die spezifischen Einrichtungen des Unterwerkes, also insbesondere die 50/16-kV-Innenraum-Schaltanlage auf.

Die Anlage ist für vollautomatischen Betrieb konzipiert, das heisst die Maschinen werden durch die Niveauregulierung aufgrund des Wasserdargebotes zu- oder abgeschaltet sowie über je einen elektronischen Turbinenregler entsprechend beaufschlagt. Ueberschreitet das Wasserdar-

gebot das Schluckvermögen der Turbinen, tritt die Wehrregelung in Funktion. Für Unterhalts- und Ueberwachungsarbeiten ist das Kraftwerk nur während der Normalarbeitszeit mit Personal besetzt. Ausserhalb der Arbeitszeit ist ein Pikettdienst organisiert, der bei allfälligen Störungen automatisch alarmiert wird.

3.4 Die Nebenanlagen

Als Zusatzeinrichtungen sind besonders die auf der Maschinsaalseite angeordnete Fischtreppe und der Kahnttransportwagen, der es erlaubt, Kähne vom Unter- ins Oberwasser und umgekehrt zu transportieren, zu erwähnen. Auf der Maschinsaalseite sind ferner auch die für die Geschwemmeseitigung erforderlichen Anlagen vorgesehen.

4. DÄMME

4.1 Allgemeines

Die Reusebene unterhalb Mühlau wurde in früheren Jahrhunderten häufig überschwemmt. In den Jahren 1858 bis 1860 wurde eine erste Entsumpfung durchgeführt und von Mühlau bis Rottenschwil als Hochwasserschutz ein Erd-damm erstellt. Dieser Damm besteht von Rickenbach abwärts heute noch in seiner ursprünglichen Form, während er oberhalb in den Jahren 1907 bis 1936 in verschiedenen Etappen so weit ausgebaut wurde, dass er gegen Ueberflutung gesichert ist. Unterhalb Rickenbach genügt der Damm jedoch den Anforderungen weder bezüglich Höhe

Bild 4 Längsschnitt durch das Stauwehr.

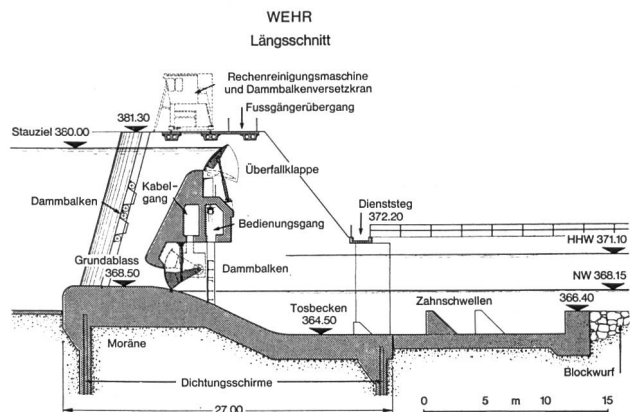




Bild 5 Flugaufnahme der Baustelle für Maschinenhaus und Wehr des Reusskraftwerkes Bremgarten-Zufikon: Rechts die Wehröffnungen 2 bis 5, in der Bildmitte die Maschinenhausbaugrube, links das Unterwerk (Photo Comet, Zürich, vom 8. 1. 74).

noch Querschnitt. Das Hochwasser vom Juni 1953 mit dem Dammbbruch unterhalb der Brücke Rickenbach sowie die Hochwasser vom November 1972 und vom Juni 1973 zeigten denn auch deutlich, wie wichtig im Reusstal die Fortsetzung und Fertigstellung der begonnenen Hochwasserschutzdämme nach wie vor ist.

4.2 Linienführung

Die neu einzudämmende Reusstrecke von Rickenbach bis Hermetschwil ist in zwei Abschnitte geteilt: in den 4,2 km langen Abschnitt von der Brücke Werd abwärts, wo sich der Aufstau des Kraftwerkes noch deutlich bemerkbar macht und die Dämme demnach auch bei Niederwasser eingestaut sind, sowie in den 4,8 km langen Abschnitt oberhalb der Brücke Werd, wo die Dämme allein dem Hochwasserschutz dienen.

Am linken Ufer beginnt der Damm ca. 200 m oberhalb des sogenannten Bockhölzli auf Gemeindegebiet Hermetschwil (Reuss-km 25,2) und verläuft bis zur Brücke Werd meist direkt dem Ufer entlang. Unmittelbar unterhalb der Brücke Werd wird das bestehende Ufer nur bei mittlerer und grösserer Wasserführung überflutet. Hier ist auf Wunsch des Naturschutzes ein Vorland von wechselnder Breite (ca. 5 bis 10 m) vorgesehen. Das diesem Vorland eigene Wechselregime ist ein willkommener Lebensraum für spezielle Wasserpflanzen.

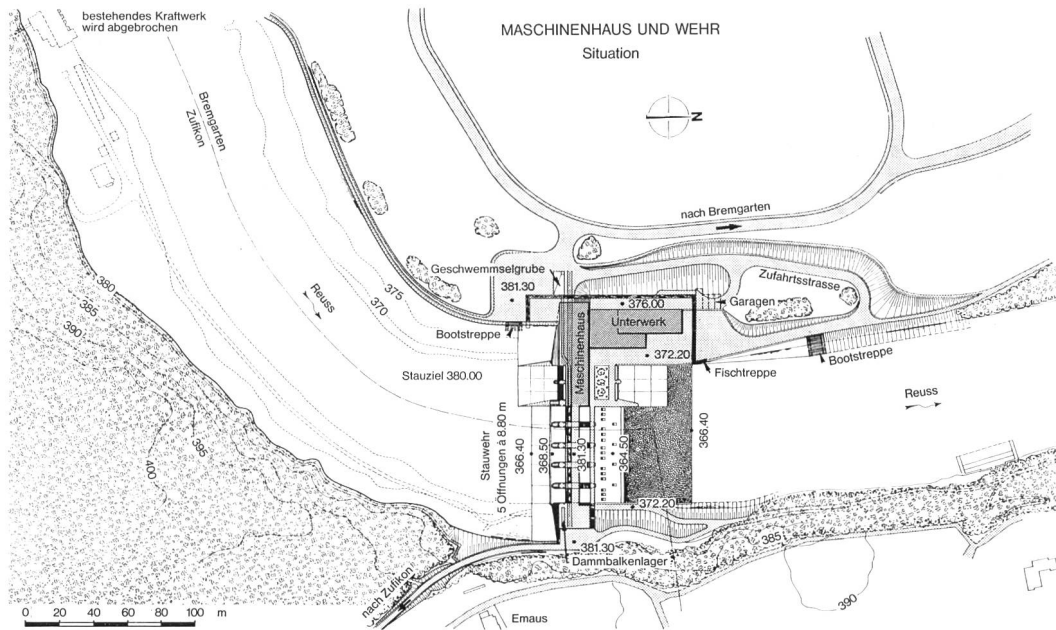
Analog den bestehenden Dämmen verläuft der neue Damm oberhalb der Brücke Werd nicht dem Flussufer entlang, sondern bis zu 300 m landeinwärts. Er trennt damit

einen Grossteil der Naturschutzgebiete von den landwirtschaftlich genutzten und lässt den erstgenannten Gebieten das ungestörte Flussregime. Da die bestehenden Dämme bezüglich Höhe und Qualität ungenügend sind und ihre Linienführung im Hinblick auf die Gesamtkonzeption der Sanierung der Reussebene ungünstig ist, wurde zum grössten Teil eine neue Trassierung gewählt. In den Abschnitten, wo die neue Linienführung mit der alten zusammenfällt, wird der neue Damm landseitig angeschüttet und die alte Dammkrone als Berme in der wasserseitigen Böschung stehen gelassen; der bestehende Bewuchs wird dadurch wenig gestört. Am rechten Ufer beginnt der Damm unterhalb des Geisshofes bei km 25,6 und führt — zum Teil mit Vorland wie am linken Ufer — dem heutigen Reusslauf entlang bis zur neuen Jonenmündung. Zwischen km 23,5 und 24,8, also vom Geisshof bis ca. 300 m unterhalb der Brücke Rottenschwil—Unterlunkhofen, wird der Damm jedoch weggelassen; dadurch entsteht entsprechend den Wünschen des Naturschutzes ein flacher Stausee von über 200 m durchschnittlicher Breite, der einerseits als Rast-, Ueberwinterungs- und Brutplatz der Erhaltung von seltenen Tierarten dient und andererseits den Lebensraum für spezialisierte Wasserpflanzengesellschaften bildet.

4.3 Querschnittsgestaltung

Die Dammhöhen richten sich, wie aus dem gerechneten und im Längenprofil aufgezeichneten Wasserspiegel hervorgeht, vor allem nach dem Hochwasserabfluss. Diese Abflüsse treten schon im ungestauten Zustand über die

Bild 6
Lageplan des Wehres,
des Maschinenhauses
und des Unterwerkes



heute bestehenden Ufer und Dämme. Auch unterhalb der Brücke Werd dienen die neuen Dämme neben der Stauhaltung folglich auch dem dringend notwendigen Hochwasserschutz. In Anbetracht der äusserst geringen Wahrscheinlichkeit eines Auftretens des dem Reussausbau zugrunde gelegten, katastrophalen Hochwassers von 900 m³/s, wurde die projektierte Dammkrone so festgelegt, dass für diesen ganz aussergewöhnlichen Fall noch ein Freibord von 50 cm verbleibt. Die durchschnittliche Dammhöhe über der heutigen Uferlinie beträgt ca. 2,50 m; nur auf einer sehr kurzen Strecke erreicht sie die Maximalhöhe von 3,50 m. Die Dämme erhalten eine Kronenbreite von 4,00 m. Auf der Land- und Wasserseite ist eine verhältnismässig flache Böschungsneigung von 1:3 vorgesehen. Durch diese Form

und ein zumindest teilweises Bepflanzen der Landseite wird ein harmonisches Einfügen ins Landschaftsbild gewährleistet.

Der im wesentlichen aus Moränenmaterial aufgebaute Dammkörper wird im Staugebiet auf der Wasserseite durch einen Blockwurf gegen die Einwirkungen des bewegten Wassers geschützt. Oberhalb der Brücke Werd, wo der Damm lediglich noch als Hochwasserschutz dient und dementsprechend nur gelegentlich benetzt wird, kann auf einen Blockwurf verzichtet werden. Es bietet sich hier die Gelegenheit, den Damm auch auf der Wasserseite durch geeignete Baum- und Buscharten zu bepflanzen. Auf der Dammkrone wird ein Kieskoffer von 30 cm eingebaut, der das

MASCHINENHAUS UND UNTERWERK
Erdgeschoss Kote 372.20

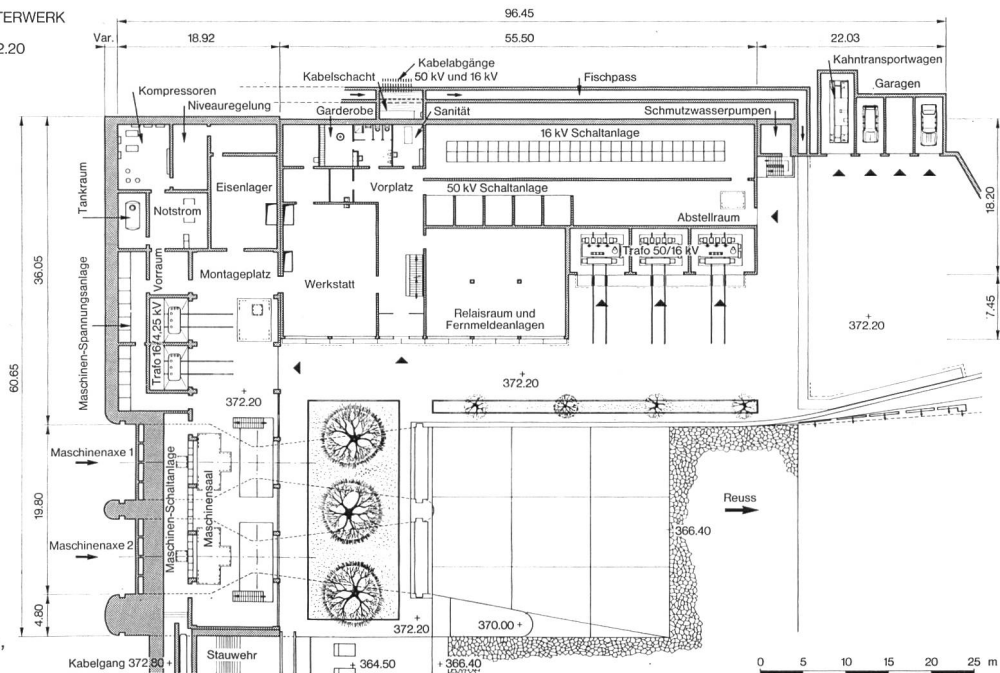


Bild 7
Maschinenhaus und Unterwerk,
Grundriss

Aus dem vorhandenen Datenmaterial lassen sich maximale und minimale Wasserstände in der Reuss und in den Kanälen ermitteln.

4. BERECHNUNGSGRUNDLAGEN

Für die Erarbeitung der Bemessungsgrundlagen (Abflussmengen) wurde wie folgt vorgegangen:

- Ermittlung der Wassermengen nach der Methode des Fließ-Zeit-Verfahrens;
- Vergleich der Resultate mit gemessenen Werten in ähnlich gelegenen Einzugsgebieten.

Ein besonderes Problem bildete mit Rücksicht auf die wirtschaftliche Angemessenheit die Einordnung der aus einer solchen Berechnung resultierenden Extremwerte des Abflusses in die Häufigkeitsüberlegung.

Anzustreben ist die vollkommene Verhinderung aller Ueberschwemmungen von Ackerland, Gärten, Siedlungen im Sommer und Winter und von Dauergrünland in der Vegetationsperiode. Bei Dauergrünland kann eine wenig lang andauernde Ueberschwemmung in Kauf genommen werden, sofern durch dieselbe keine Ablagerung von Schwebstoffen erfolgt. Im Reusstal trifft dies durch die Zuflüsse des Wissenbaches und Sembaches nicht zu. Beide führen bei Hochwasser beträchtliche Geschiebeanteile. Der Ausbau der Bachläufe in den Hanglagen und Siedlungsgebieten ist darum auch auf die Höchstwassermengen gegeben. In den landwirtschaftlichen Nutzflächen der Ebene hingegen ist ein Ausbau auf Höchsthochwasser unwirtschaftlich.

Das Problem stellte sich deshalb, auf welches Hochwasser die Kanäle der Ebene dimensioniert werden sollen. Der Vorschlag des IfK geht dahin, die Anschlusskanäle auf das zehnjährige Hochwasser auszubauen oder aber den Ausbau auf das fünfjährige Hochwasser vorzunehmen und zusätzlich entsprechende Retentionsmöglichkeiten zu schaffen.

Eine weitere Schwierigkeit besteht in der Abschätzung der zu erwartenden Infiltrationswassermengen von der Reuss und dem Grundwasser.

Auf Grund der vorhandenen Auswertungen aller Unterlagen und Berechnungen wurden folgende Bemessungsgrößen festgelegt:

Sickerwasser aus Grundwasser	0,02	m ³ /s u. km
Reussinfiltration in reussnahe Kanäle	0,05—0,25	m ³ /s u. km
Spez. Abflussmenge Reussebene	0,400	m ³ /s u. km ²
Spez. Abflussmenge Hügelzone	1,300	m ³ /s u. km ²
Spez. Abflussmenge Siedlungsgebiet	2,500	m ³ /s u. km ²

5. DAS GENERELLE PROJEKT 1973 (siehe Bild 2)

5.1 U e b e r s i c h t

Das Projekt 1973 umfasst:

- Die linksseitige Reussebene von Rottenschwil bis Mühlau mit Einbezug der Hügelzone;
- die rechtsseitige Reussebene von Unterlunkhofen bis Jonen mit Einbezug der Hügelzone.

Die zugehörigen Einzugsflächen betragen:

- linksseitige Reussebene E = 43 km²
- rechtsseitige Reussebene E = 4,0 km²

Um den unter Ziffer 2 gestellten Bedingungen besser Rechnung tragen zu können, ergab sich zwangsläufig ein System, das durch quer oder diagonal zur Ebene verlaufende Kanäle gekennzeichnet ist.

Die linksseitige Reussebene umfasst folgende Teilsysteme:

- System A mit dem Pumpwerk Schachen und dem Einzugsgebiet von Wissenbach, Sembach und Landbach
- System B mit dem Pumpwerk Werd
- System C mit dem Pumpwerk Rottenschwil

Die rechtsseitige Reussebene umfasst das System D mit dem Pumpwerk Werderhölzli.

Die Systeme A und B sind durch einen Ueberfall beim Pumpwerk Schachen gekoppelt.

Die Standorte der Pumpwerke sind:

linksufrig:

PW Schachen:	südlich der Brücke Ottenbach
PW Werd:	südlich der Brücke Werd
PW Rottenschwil:	ca. 300 m nördlich der Brücke Rottenschwil

rechtsufrig:

PW Werderhölzli:	südlich der Brücke Rottenschwil
------------------	---------------------------------

5.2 Die Abflussmengen in den Teilsystemen

Die nachfolgend beschriebene Methode basiert auf den Vorschlägen des IfK. Nachdem insbesondere für die Einzugsgebiete des Wissenbaches und des Landbaches Abflussbeobachtungen fehlen, wurde die Methode der Abflussberechnung aus Regenintensitätskurven herangezogen und der Einfluss der Anlaufzeit berücksichtigt.

Für die Regenintensitäten stehen umfangreiche Messreihen und Grundlagen zur Verfügung (Hörler/Rhein). Mehr Schwierigkeiten bietet die Berechnung der Anlaufzeit. Sie wurde nach einer von Kirpich empirisch bestimmten Formel ermittelt. Nach Kirpich beträgt die Konzentrationszeit

$$t_c = 0,0662 \left(\frac{L}{s} \right)^{0,77}$$

t_c = Konzentrationszeit in h

L = Länge des Flussabschnittes in km

s = mittleres Flussgefälle

Anhand der Konzentrationszeit wird das ganze Einzugsgebiet in ca. zehn Felder, begrenzt mit Linien gleicher Anlaufzeit, unterteilt. Die Einzelflächen werden auf die flächenmässige Verteilung von Wald, landwirtschaftlichem Gebiet und Siedlungsgebieten untersucht, mit einem zugehörigen Abflusskoeffizienten versehen und planimetriert.

Der Abfluss einer Teilfläche ergibt sich zu:

$$Q_{ij} = \psi_i \times r \times F_{ij}$$

Mit Hilfe der berechneten Q_i für die einzelnen Zeitabschnitte kann für die entsprechende Jährigkeit der Regenintensität über das Zeit-Flächendiagramm das Abflussdiagramm an einem bestimmten Berechnungspunkt ermittelt werden.

Zur Bemessung der Kanäle und Pumpwerke waren über die Teilsysteme A, B, C und D ein Raster von Berechnungspunkten anzulegen und folgende Abflussmengen zu ermitteln:

- Abflussmenge für MQ (Infiltrations- und Sickerwassermengen)
- Abflussmengen für HQ 5 und HQ 10

5.3 Ergebnis der Wassermengenberechnung

Die Resultate seien für die Pumpwerke aufgezeigt. Ohne Berücksichtigung des Retentionsvermögens der Kanalsysteme wären folgende Spitzenwassermengen für die Auslegung der Pumpwerke massgebend:

Bild 3
 Schema Horizontal-Unterwasserpumpen im Pumpwerk Werd-Schachen

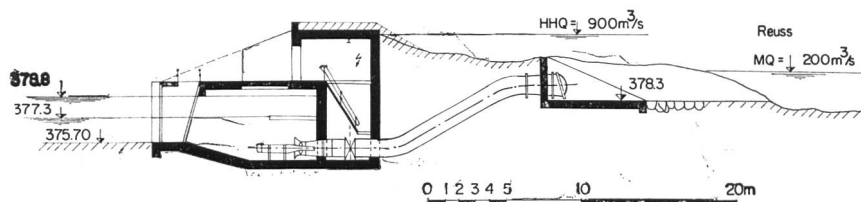
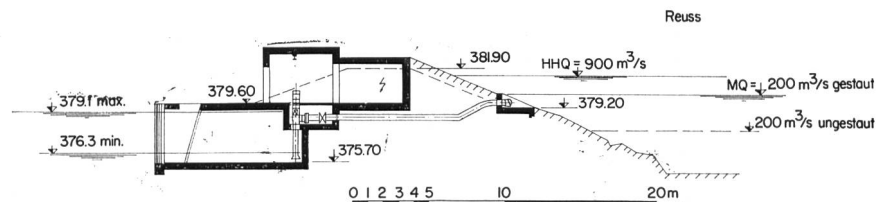


Bild 4
 Schema Vertikal-Pumpen im Pumpwerk Rottenschwil-Werdhölzli



	MQ	HQ
PW Schachen	1,85 m³/s	21,8 m³/s
PW Werd	1,25 m³/s	8,0 m³/s
PW Werderhölzli	0,20 m³/s	4,8 m³/s
PW Rottenschwil	0,50 m³/s	1,0 m³/s

Ueber die Summenkurven der Zuflüsse und unter Berücksichtigung des vorhandenen Retentionsvolumens sowie der Koppelung der PW Schachen und Werd, ergibt sich die Auslegung der Pumpwerke zu:

	MQ	HQ
PW Schachen	1,85 m³/s	8,5 m³/s + 8,6 m³/s (Ueberfallwassermenge)
PW Werd	1,25 m³/s	8,5 m³/s inkl. Anteil Ueberfallwassermenge
PW Werderhölzli	0,20 m³/s	4,5 m³/s
PW Rottenschwil	0,50 m³/s	1,00 m³/s

5.4 Kanäle

Die generelle Linienführung der Kanäle ist das Ergebnis einer eingehenden Zusammenarbeit innerhalb der Projektleitung unter Berücksichtigung der geforderten Randbedingungen. Die totale Länge der zu bauenden Kanäle beträgt 33 km. Die Hauptvorflut innerhalb des linksufrigen Systems bildet der heute bestehende Reusskanal. Dieser wird in drei Hauptabschnitte unterteilt und den neuen Bedürfnissen angepasst. Er dient als Sammelkanal für die direkt und indirekt zugeleiteten Hangwässer sowie der Entwässerungskanäle der Ebene.

Die Lage der Sohle der Kanäle ist gegeben durch die Detailentwässerungen. Bei Normalwasserführung MQ muss die freie Vorflut gewährleistet sein. Dem Projekt liegt eine freie Einlaufhöhe der Detailentwässerungen in die Kanäle von 20 cm zugrunde. Die mittleren Sohlengefälle sind klein und betragen zwischen 0,5 und 1,2 Promill.

Angestrebt wird eine Normierung der Sohlenbreiten auf 1,00 m / 1,50 m / 2,00 m / 2,50 m / 3,00 m / 4,00 m. Durch die Normierung der Kanalquerschnitte sollen Erleichterungen für Wartung und Unterhalt erreicht werden. Insbesondere ist auf die im Handel üblichen Unterhaltungsgeräte Rücksicht zu nehmen.

5.5 Pumpwerke

Bei der Projektierung der Pumpstation war die Erfüllung folgender Forderungen anzustreben:

- kleine Zahl von Pumpen verschiedener Grössen;
- wenig verschiedene Pumpentypen;

- ausreichende Dimensionierung der Pumpen und Antriebsmotoren;
- Wahl von Pumpen und Antriebsmotoren mit bewährter Konstruktion und geeigneten Materialien;
- Berücksichtigung aller denkbaren Störungen;
- Disposition der Pumpwerke unter Berücksichtigung der Belange des Natur- und Heimatschutzes;
- Wirtschaftlichkeit.

Folgende Varianten wurden durch die Firma Motor-Columbus, Ingenieurunternehmung AG, Baden, der die Projektierung der elektro-mechanischen Ausrüstung übertragen wurde, überprüft:

- Variante 1: PW mit horizontalen Unterwassermotorpumpen (siehe Bild 3)
- Variante 2: PW mit konventionellen, vertikalen Pumpen (siehe Bild 4) und trocken aufgestellten Motoren
- Variante 3: PW mit horizontalen Unterwassermotor-

Die drei Varianten wurden für die oben erwähnten Forderungen überprüft. Das Ergebnis kann wie folgt zusammengefasst werden:

- Unterwassermotorpumpen:
 Die Unterwassermotorpumpen als einstufige Kreiselpumpen mit axialen Laufrädern eignen sich speziell für grosse Fördermengen bei relativ kleinen Förderhöhen. Die Schmierung der Lager erfolgt durch das eingefüllte Wasser. Das geförderte Wasser gewährleistet eine dauernde Kühlung. Dadurch ist ein wartungsfreier Dauerbetrieb gewährleistet.
 Ein wichtiger Vorteil ist der geringe Platzbedarf. Es sind keine Hochbauten erforderlich. Die Einpassung der Gebäulichkeiten in die Dämme ist gut möglich.
- Vertikalpumpen:
 Gegenüber Variante 1 ist der Nachteil des grossen erforderlichen Maschinenraums, in dem die Motoren untergebracht sind, zu erwähnen. Das Bauwerk kann nicht vollständig in den Damm eingebaut werden, wodurch die Forderungen des Landschaftsschutzes nicht erfüllt sind.
- Schneckenpumpen:
 Die Anlage würde für die auszulegende Wassermenge sehr gross und könnte den Forderungen des Landschaftsschutzes nicht genügen. Ferner ist zu beachten, dass die Wirtschaftlichkeit in diesem Fall durch die ständig variierenden Wasserspiegellagen der Reuss beeinträchtigt wird.

Anhand eines Variantenvergleichs sind folgende Konzeptionen gewählt worden:

- PW Schachen und PW Werd
je 3 Unterwassermotorpumpen:
1 Grundlastpumpe zu 2,00 m³/s
2 Spitzenlastpumpen zu 3,25 m³/s
- PW Rottenschwil
2 Vertikalpumpen:
1 Grundlastpumpe zu 0,50 m³/s
1 Spitzenlastpumpe zu 0,50 m³/s
- PW Werderhölzli
3 Vertikalpumpen:
1 Grundlastpumpe zu 0,50 m³/s
2 Spitzenlastpumpen zu 2,00 m³/s

Auf Grund einer Wirtschaftlichkeitsuntersuchung zeigte sich, dass bei Anordnung eines Ueberfalls beim PW Schachen die beiden PW Schachen und Werd über den bestehenden Reusskanal gekoppelt werden können. Damit wurde es möglich, beide Pumpwerke auf eine maximale Förderleistung von 8,5 m³/s auszulegen und die Forderung der Bauherrschaft zur Typisierung der Pumpwerkanlagen zu erfüllen.

6. SONDERPROBLEME

6.1 Kanalführung und Profilgestaltung

Die Reussebene mit einer Grosszahl von schützenswerten Naturreservaten setzt in der Projektierung eine enge Zusammenarbeit zwischen Landschaftsplaner und Ingenieur voraus. Das wäre an sich selbstverständlich, bereitet aber überall hin und wieder Mühe. Bis vor kurzem wurden technische Lösungen eindeutig bevorzugt.

Es zeigt sich aber am Beispiel Reussebene, dass umgekehrt — selbst beim einfachen Bauwerk — Interessenkonflikte von erheblicher Tragweite entstehen können. Die Lösung ist nur durch gegenseitiges Verständnis und Anerkennung der Probleme des Partners möglich. Wo liegen die Probleme?

Aus der Sicht des Landschaftsplaners ist eine leicht geschwungene Linienführung notwendig. Möglichst offene Profile mit flachen Böschungen werden gewünscht. Das Gerinne soll, wo notwendig, naturgetreu gesichert werden. Ein Lebendverbau wird angestrebt, die Ergänzung durch Bäume wie Erlen, Eschen, Pappeln ist erwünscht.

Allein dieser kleine Problemerkatalog zeigt, wie entgegengesetzt die Forderungen zu jenen des Wasserbaues stehen.

Einer geschwungenen Linienführung steht kaum etwas entgegen. Die Vorteile sind bekannt.

Problematischer wird die Querschnittgestaltung. Sie hängt ab von:

- den direkten Baukosten;
- der Sicherstellung des der Dimensionierung zugrunde gelegten Abflusses;
- des in Abhängigkeit des Baugrundes zu wählenden Bauvorganges;
- dem zukünftigen Unterhalt und der Wiederinstandstellung der Kanäle.

Diesem letzteren Problem ist bei der Projektierung grösste Aufmerksamkeit zu schenken.

Es ist offensichtlich, dass diesen Forderungen nur ein Profil genügt, das

- den Bemessungsgrundlagen angepasst ist;
- durch Abdeckung der Sohle und teilweise der Böschungen eine Verkrautung verhindert;

- dem Bauvorgang einen grösseren Spielraum offen lässt;
- einen minimalen Unterhalt gewährleistet.

6.2 Instandstellung und Unterhalt des Kanalsystems

Für fast alle Gewässer gibt es im allgemeinen drei Kategorien von Unterhaltsarbeiten, die vorgenommen werden müssen:

- Krauten und Mähen, das heisst die Beseitigung unerwünschten Pflanzenwuchses in und am Gewässer;
- das Räumen des Gewässers bei eingetretener Verlandung;
- das Fördern des Mäh- und Räumgutes aus dem Profil auf das Ufer.

Aus finanziellen und personellen Gründen ist die Durchführung dieser Unterhaltsarbeiten heute problematisch geworden. Umgekehrt muss festgehalten werden, dass bei einer Vernachlässigung dieser Arbeiten die Wirksamkeit des gesamten Entwässerungsnetzes in Frage gestellt sein dürfte.

Mit der Entwicklung von entsprechenden Maschinen und Geräten wird es heute möglich sein, diesem Problem zu begegnen. Voraussetzung allerdings ist wiederum eine entsprechende Gestaltung und Anpassung des Normalprofils an die vorhandenen Gerätschaften.

Nachfolgend sei das Problem der Verkrautung noch etwas eingehender erörtert.

Die meisten Gewässer unterliegen einer Verkrautung, sofern keine Sohlenabdeckung erfolgt. Die Verkrautung wächst in einem jahreszeitlich bedingten Rhythmus. Der Wuchs ist am schwächsten im Dezember/Februar und erreicht das Maximum im Juli/August.

Die Ueppigkeit des Wuchses nimmt mit der Häufigkeit der niederen Wasserstände (geringe Fliessgeschwindigkeiten) und mit der Lichtintensität zu.

Worin liegen nun die Konsequenzen? Untersuchungen haben gezeigt, dass die nach Manning-Strickler zugrundegelegten K-Werte schon bei geringer Verkrautung nicht mehr zutreffen. Die bei den Versuchen festgestellten K-Werte können, je nach Verkrautungsintensität, Wassertiefe und Abfluss um das Drei- bis Vierfache absinken. Die Folge müsste sein, die Profile durch eine Querschnittsvergrößerung leistungsfähiger zu machen. Dabei ist zu beachten, dass auch das vergrösserte Profil der gleichen Verkrautung bzw. Abflussverminderung unterliegt.

Erschwerend in den Ueberlegungen wirkt sich aus, dass ein Kanal von bestimmter Länge nur an einem bestimmten Punkt praktisch 100 % gemäht ist und damit die volle Leistungsfähigkeit erreicht, nämlich am Standort des Gerätes. Ein Entwässerungsnetz könnte somit als Ganzes nur dann voll leistungsfähig sein, wenn der Mähvorgang unendlich schnell und in entsprechend kurzen Intervallen vor sich gehen würde.

Allgemein dürfte festgehalten werden, dass das Problem der Verkrautung bei den bisher üblichen Berechnungsmethoden voll zu beachten ist. Insbesondere sei darauf hingewiesen, dass bei mittleren und kleineren Abflüssen K-Werte zu erwarten sind, die kleiner sind als bei Hochwasser.

Adresse der Verfasser:

Dipl. Ing. ETH Karl Zünd
Dipl. Ing. H. J. Frey
c/o Firma Rothpletz, Lienhard & Cie., Aarau/Olten