Zeitschrift: Schweizer Ingenieur und Architekt
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 103 (1985)
Heft: 20

Artikel: Sanierung der beiden Rheinfallfelsen
Autor: Härri, René
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-75790

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: 08.08.2025

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

Sanierung der beiden Rheinfallfelsen

Von René Härri, Zürich

Die kürzlich abgeschlossene Sanierung der markanten Felsen im Rheinfall bietet dauerhaften Schutz gegen die drohende Erosion. Die Arbeiten zur Trockenlegung und die Spritzbeton-Applikation mussten bei niederem Wasserstand erfolgen, wobei das kalte Winterwetter besondere Massnahmen auf der Baustelle erforderte (vgl. Exkursionsbericht, H. 7/85, S. 134).

Situation

Der Rheinfall zählt zu den grössten und imposantesten Wasserfällen Europas. Er entstand nach der letzten Eiszeit an jener Stelle, wo der heutige Rheinlauf auf einen früheren, querliegenden, zwischeneiszeitlichen Lauf trifft. Das Wasser fällt rund 25 m tief über die Talflanke aus Kalkfelsen in die alte Rinne.

Dank der ausgleichenden Wirkung des Bodensees schwankt die Rheinwassermenge nur zwischen rund 120 m³/s und 1100 m³/s. Seit seinem Entstehen vor etwa 6000 Jahren scheint sich der Rheinfall erst um rund 20 m zurückgefressen zu haben. Dies ist auf folgende Fakten zurückzuführen:

- Geringe Geröll- und Sandführung des Rheins,
- Relativ grosse Widerstandsfähigkeit der Felsschwelle,
- Überzug des Kalkes mit einer zähen Schicht von Algen und Moos.

Besonders markant sind die beiden aus der Mitte des Falles aufragenden Felszähne. Der kleine Zahn steht auf zwei Beinen. Sein wasserseitiges Bein erhielt 1881 eine massive, pfeilerförmige Vormauerung gegen Abrieb. Der Hohlraum zwischen den beiden Felsstützen zeigte Frostschäden, die in Verbindung mit verschiedenen Klüften gelegentlich zum Einsturz des unterwasserseitigen Pfeilers oder zum Abgleiten der Deckplatte führen könnten.

Der grosse Felsen ist mit dem Boot erreichbar, und über eine schmale Treppe haben schon unzählige Touristen die winzige Aussichtskanzel auf der Felsspitze erklommen. Die Kantonsgrenze Zürich/Schaffhausen verläuft mitten durch den Felsen (Bild 1). Seine 15 m breite Stirnfläche steht quer zur Fliessrichtung, allerdings etwas ausserhalb des Hauptstromes. Der sichtbare Felsteil (von Unterwasser bis zur Kanzel) ist 24 m hoch. Für diesen Felsen bestand Verdacht auf Vibrationen und auf Instabilität bei hohen Abflüssen; aber auch Erosionen mussten festgestellt werden.

Die Regierungen der beiden Kantone beschlossen im November 1983, der Erosion am mittleren Felsen mit einfachen Massnahmen Einhalt zu gebieten. Im Januar 1985 entschloss sich der Kanton Zürich, auch den kleinen Felsen analog zu behandeln.

Geologie, Messungen und Untersuchungen

Der Fels des Rheinfallbettes besteht aus massigen, dichten, praktisch ungeschichteten Kalken des oberen Malm, deren Schichtflächen flach gegen ESE fallen. In den Aufschlüssen der Felspartien sind Klüfte erkennbar, insbesondere solche, welche NNE-SSW streichen, d.h. annähernd parallel zur Absturzkante des Falles. Von den vier Hauptstörungen, welche den ganzen Rheinfall queren, teilt eine den grossen Felszahn in zwei ungleich grosse Partien, einen breiten tiefergelegenen Teil und einen schmalen mit dem höchsten Punkt des Felsens. Daneben zeigen sich einige weniger ausgeprägte Kluftsysteme, die ebenfalls nahezu senkrecht stehen. Weitere Klüfte schneiden in geneigter Lage den Fuss des Felsens. Soweit erkennbar, sind die Klüfte geöffnet, stellenweise verkarstet oder mit Bohnerzton gefüllt.

In einer ersten geologischen und felsmechanischen Beurteilung des *grossen Felszahnes* durch das geotechnische Büro Dr. von Moos AG, konnte keine akute Gefährdung festgestellt werden. Zur Klärung, ob die von einzelnen Touristen wahrgenommenen Erschütterungen tatsächlich existierten und ob diese die Stabilität des Felsens gefährden könnten, wurden anschliessend bei verschiedenen Rheinwasserführungen Erschütterungsmessungen durchgeführt. Die bei Wasserführungen von 392 m³/s und 618 m³/s gemessenen Schwingungen des Felszahnes waren, sowohl bezüglich Frequenz wie Amplitude, als gering anzusehen. Sie boten keine Anhaltspunkte für Resonanzschwingungen des Felsens, die dessen Stabilität gefährden könnten. Zur Überwachung möglicher Kluftverschiebungen über einen längeren Zeitraum hinweg wird die den grossen Felszahn durchschneidende Störung mittels Präzisionsdistanzmessungen weiterhin beobachtet.

Der *kleine Rheinfallfelsen* mit seinem rund 5 m hohen wasserdurchströmten Durchlass besteht ebenfalls aus massigem, ungeschichtetem Malmkalk. Der Fels ist oberflächlich stark zerklüftet. Auffallend und die Stabilität des Felsens gefährdend sind dabei insbesondere eine Kluft, welche vom Durchlass schräg nach oben zieht, und zwei Trennflächen, die das Gewölbe über dem Durchlass von den beiden Pfeilern abtrennen.

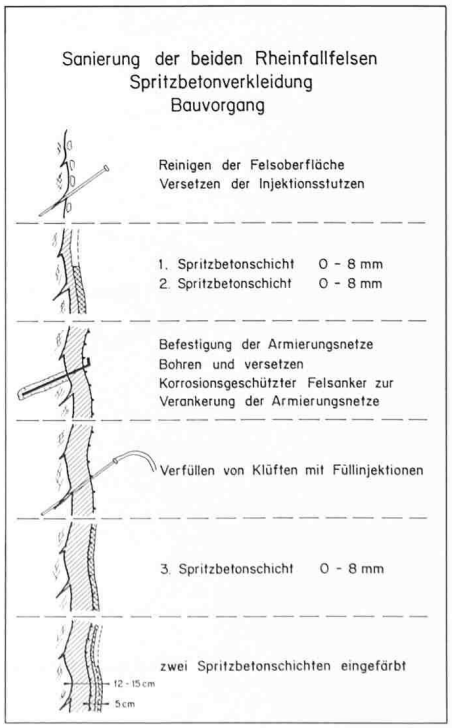
Die Formung der beiden Felsen ist vor allem der Erosion und Verwitterung zuzuschreiben, welche ständig weiter fortschreiten. Die Erosion ist wegen des Algen- und Moosbewuchses sehr gering, dagegen zeigte die Felsoberfläche, insbesondere oberhalb des bespülten Bereiches, typische Frostverwitterungsformen. Die stärkste Verwitterung war dabei am unterwasserseitigen Pfeiler des kleinen Felsens festzustellen.

Das Projekt

Da die Untersuchungen keine Gefährdung des grossen Felsens aufzeigten, ging es bei den vorzusehenden Sanierungsmassnahmen noch darum, die Erosion und Verwitterung an den gefährdeten Stellen zu stoppen.

Das Ingenieurbüro Locher & Cie AG, Zürich, schlug vor, mit einer widerstandsfähigen, 12–15 cm starken Spritzbetonschicht die der Erosion ausgesetzten Felspartien zu verkleiden (Bild 2). Beim grossen Felsen sind dies die unterschnittene Partie gegenüber dem klei-

Bild 2. Spritzbetonverkleidung an den beiden Rheinfallfelsen



nen Felszahn sowie die untersten drei bis vier Meter der bergseitigen, dem Wasseranprall ausgesetzten Felswand.

Beim kleinen Felsen ist die wasserseitige Anprallfläche durch die früheren Vormauerungen geschützt, dagegen zeigte bei näherem Betrachten die Innenseite des Durchlasses starke Verwitterungserosionen. Zu deren Schutz wurde deshalb eine leicht armierte Spritzbetonauskleidung des Innenraumes vorgesehen.

Dank der gespritzten Applikation passt sich die Schutzschicht gut der Felsoberfläche an. Die verkleideten Flächen dürften schon nach kurzer Zeit Patina ansetzen und nicht mehr als künstliche Massnahme in Erscheinung treten.

Randbedingungen

Für die Sanierungsarbeiten musste das Wasser mittels Umleitungen und Abdämmungen vom Felszahn ferngehalten werden. Eine solche Massnahme kann mit verantwortbarem Aufwand nur während einer Niederwasserperiode mit einer maximalen Rheinwasserführung von 200–250 m³/s durchgeführt werden. Wie statistische Auswertungen zeigen, kommen Niederwasserführungen von vier bis sechs Wochen Dauer nur im Winterhalbjahr, also während der kalten Jahreszeit, vor (Bild 3). In 8 von 10 Jahren fällt die Wassermenge unter 250 m³/s und in 6 von 10 Jahren unter 200 m³/s. Es war mit kurzen Regenperioden und damit einem vorübergehenden Wasseranstieg zu rechnen. Die Baustelle musste deshalb so eingerichtet werden, dass sie bei einem maximalen täglichen Anstieg von 25 m³/s notfalls innert einem bis zwei Tagen geräumt werden könnte. Aufgrund dieser statistischen Unterlagen, Fotos und eigenen Beobachtungen am Fall wurden die Durchflussmengen mit rund 200 m³/s für einen Baubeginn und 250 m³/s als Risikowassermenge festgelegt.

Vorbereitungen

Die Idee des Projektanten, für die Abdämmung Sandsäcke zu verwenden, basiert auf Erfahrungen aus ähnlichen Abdämmungen bei Kraftwerk- und Flussbauten. Lediglich für die Grösse der Säcke oder Sandsackgebinde war man in diesem Fall auf Schätzungen, Annahmen und grobe Annäherungsberechnungen angewiesen. Wassertiefe und Sohlenbeschaffenheit konnten vom Ufer aus schwer beurteilt werden. Topografische Aufnahmen des Rheinfallbettes existierten bisher keine.

Vorgesehen war, verschieden grosse Sandsackgebinde mit Gross- und Kleinhelikoptern einzufliegen. In der Vorbereitungsphase wurde das Konzept auf grosse Einzelsäcke vereinfacht.

Erschliessung der Baustelle

Die Ausschreibung sah die Erschliessung der Baustelle mit einem Fussgängersteg vor, um sie mit Wasser, elektrischem Strom, Druckluft und Spritzbetontrockengemisch zu versorgen. Das bei Niederwasser noch auf die beiden Felsen zuströmende Wasser sollte mit Sandsackpaketen bis zu 1,5 t Gewicht Richtung Zürcherfall abgedrängt und das Restwasser abgepumpt werden. Die Säcke sollten aus Jute bestehen, da dieses Material relativ schnell verrottet. So kann die Abdämmung nach Abschluss der Sanierungsarbeiten sich selbst überlassen werden.

Diese Vorschläge wurden von der ausführenden Bauunternehmung Lerch AG, Schaffhausen, weitgehend übernommen. Nur die Wasserversorgung erfolgte nicht über den Steg, da ein wintersicherer Betrieb zu aufwendig gewesen wäre. So wurde das Wasser direkt dem Fluss entnommen, nachdem die Eignung des Rheinwassers zur Betonherstellung durch das Kantonale Labor Schaffhausen überprüft worden war. Als Alternative zu den Sandsackgrossgebinden wurden Säcke mit 800 kg Inhalt angeboten. Speziell konfektionierte Jutesäcke mit den Massen 90×90×150 cm konnten diese Sandmenge aufnehmen. Diese Last entspricht der Nutzlast eines gängigen Kleinhelikoptertyps. Um die Tauglichkeit dieser Alternative zu überprüfen, wurde am

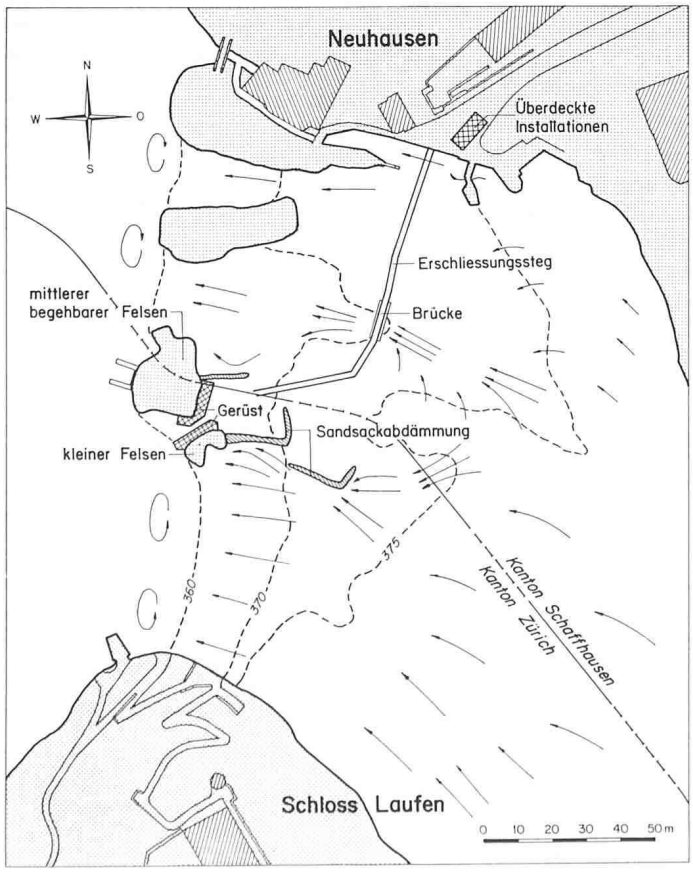


Bild 1 (links). Übersicht des Rheinfalls mit Installationen

Bild 3. Verlauf der Sanierungsarbeiten

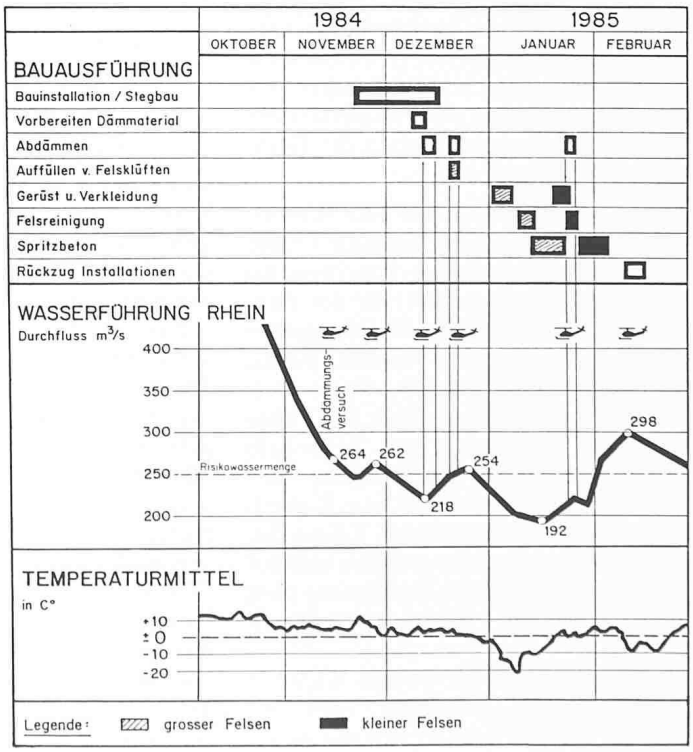


Bild 4. Gesamtübersicht der Baustelle (Foto Gsell)

Bild 5. Nachabdämmung oberhalb des kleinen Felsens (Foto Max Baumann, Schaffhausen)

16. November 1984 bei einer Rheinwasserführung von 261 m³/s ein Versuch vor Ort durchgeführt. Ein Helikopter des Typs AS 350 B Ecureuil setzte zehn Grosssandsäcke à 800 kg in der Nähe der vorgesehenen Abdämmung im Rheinfall ab. Diese Gebinde genügten den Anforderungen und rutschten auf dem mit Moos und Algen überwachsenen Felsgrund nicht.

Eine Verschiebung der Sanierungsarbeiten um ein Jahr bot die Möglichkeit, das Verhalten des Rheinfalles bei verschiedenen Wasserführungen genauer zu beobachten. Es zeigte sich, dass ohne grösseres Risiko mit dem Stegbau bei höherer Wasserführung als angenommen begonnen werden konnte (Bild 4).

Stegbau

Am 27. November 1984 bei 256 m³/s begann der Bau des Steges. Er war etwa 130 m lang und 1,2 m breit und bestand aus Gerüstrohren und -brettern. In Abständen von 3 m wurden Joche auf den Felsgrund gedübelt. Ein Aluminiumfachwerksteg von 15,7 m Spannweite überbrückte die grosse Rinne im Schaffhauserfall. Dieser Aluminiumsteg wurde mit dem Helikopter ein- und ausgeflogen, während die Bauarbeiter das Material für den Gerüstrohrsteg zur Verwendungsstelle und zurück ans Ufer trugen.

Abdämmung

Nachdem der Felsrücken in Fallmitte erschlossen war, begannen am 13. Dezember 1984 die Abdämmungsarbeiten bei einer Wassermenge von 221 m³/s. Zuerst wurde auf einem oberen Plateau ein Sandsackdamm als Abweiser des Hauptstromes erstellt. Dies reduzierte die auf den kleinen Felsen zuschiessende Wassermenge erheblich (Bild 5). Der kleine Felsen wurde als Widerlager für einen zweiten Damm in Flussrichtung benutzt. Diese erste Etappe dauerte 1½ Tage; der Helikopter setzte in 432 Flugminuten 220 Säcke à 800 kg, 500 Säcke à 40 kg und Gerüstmaterial ab. Da die Rheinwasserführung wieder zunahm, wurden am 19. Dezember 1984 die Dämme mit 80 grossen Säcken verstärkt. Eine weitere Verstärkung mit 70 grossen und 350 kleinen Säcken wurde am 25. Januar 1985 notwendig, nachdem etliche Säcke ausgespült oder weggerissen worden waren. Oberhalb des unteren Dammes wurde als zusätzlicher Schutz ein Wellenbrecher aus horizontalen Kanaldielen errichtet.

Betonfüllung

Nach den Dämmungsarbeiten wurde das Restwasser in der Lagune oberhalb der beiden Felsen abgepumpt. Dabei kamen grosse, bis 4 m tiefe Strudellöcher zum Vorschein. Diese wurden mit 48 m³ Unterwasserpumpbeton verfüllt. Die Betonpumpe wurde beim Installationsplatz am Neuhauser Ufer aufgestellt und eine rund 150 m lange Leitung über den Steg zur Einbringstelle gelegt.

Spritzbetoninstallationen

Zur Verkleidung der besonders erosionsgefährdeten Oberwasserseite des grossen Felsens und für den inneren Stützring des kleinen Felsens war Spritzbeton ausgeschrieben. Die Dauer dieser Sanierungsarbeiten war unter Berücksichtigung der schwierigen Witterungsverhältnisse zeitlich befristet. Es kamen daher nur bekannte Verfahren und erprobte Materialien in Frage, auf Experimente wurde zu Recht verzichtet.

Für die Spritzbetonarbeiten errichtete die Firma Laich SA, Avegno, am unteren Ende der Laufengasse in Neuhausen die Hauptinstallation. Diese bestand in erster Linie aus einer gedeckten Aufbereitungsanlage von 11 m Länge und 5 m Breite. Der mit Isolationsmatten und Gitterfolien geschützte Arbeitsraum konnte durch Elektro-Heizlüfter auf eine Temperatur von mindestens +8 °C erwärmt werden.

Unter diesem Dach wurden alle Maschinen für die Aufbereitung und Förderung des Trockengemisches montiert sowie Zuschlagstoffe, Binde- und Zusatzmittel gelagert. Druckluft lieferte ein fahrbarer Dieselkompressor mit einer Leistung von 12 m³/min. Während der Kälteperiode mit Temperaturen bis −20 °C musste auch dessen Standort beheizt werden (Bild 6).

An den Arbeitsstellen beider Felsen im Rheinfall hatte man Stahlrohrgerüste errichtet. Zum Schutz vor Kälte, Regen und Schnee waren sie ebenfalls mit Isolationsmatten und Plastikfolien eingehüllt worden. Elektro-Heizlüfter von 16 kW Leistung heizten diese Innenräume während der ganzen Arbeitszeit und der Erhärtungsphase ständig auf rund +15 °C auf. Schleusenähnliche Vorbauten dienten als Zugänge.

Das in einem Zwangsmischer aufbereitete Spritzbeton-Trockengemisch gelangte über ein Förderband in die Rotormaschine und durch eine etwa 145 Meter lange Leitung aus Schläuchen und Rohren von 40 mm Innendurchmesser an die Verwendungsstelle. Das an der Spritzdüse beigefügte Anmachwasser lieferte der Rhein. Eine Zentrifugalpumpe setzte es unter den erforderlichen Druck, während ein Durchlauferhitzer für angemessene Erwär-

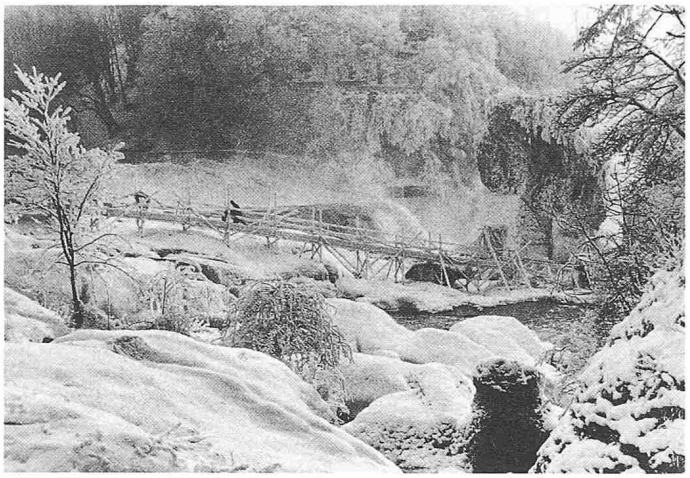


Bild 6. Eiszauber auf der Baustelle bei −20 °C (Foto Max Baumann, Schaffhausen)

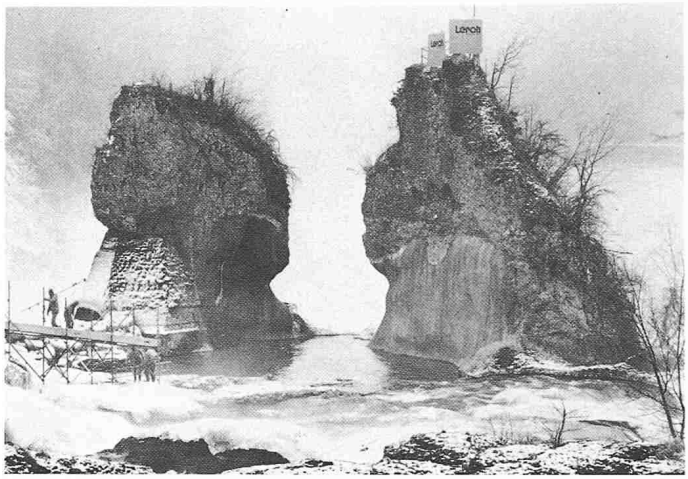


Bild 9. Beide Felsen nach Abschluss der Spritzbetonsanierung (Foto Max Graf, Schaffhausen)

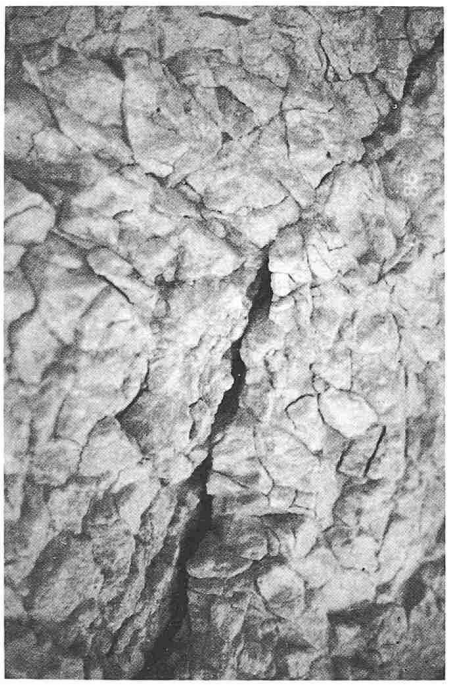


Bild 7. Kluft im Malmkalk des grossen Felsens nach der Reinigung, vor dem Ausfüllen (Foto Gubler, Laich SA)

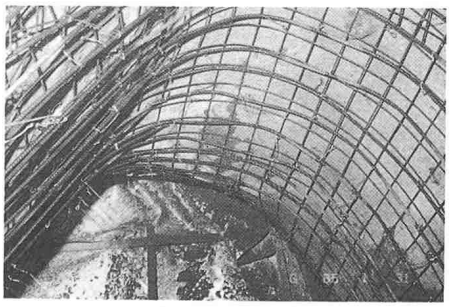


Bild 8. Spritzbeton-Netzarmierung mit Verstärkung am Hohlraumscheitel des kleinen Felsens (Foto Gubler, Laich SA)

mung sorgte. Das zur Felsreinigung benötigte Sandstrahlgebläse wie auch alle übrigen Kleingeräte und Maschinen wurden aus Sicherheitsgründen am Ufer belassen. Als Verbindung zwischen der Aufbereitungsanlage und den Arbeitsstellen diente ein Baustellen-Telefon.

Qualitätsanforderungen

Die für den Spritzbeton geforderten Qualitätswerte waren in der Ausschreibung vorgegeben. Mit einer Zementdosierung von 350 kg je 1000 l Kies-Sand musste nach 28 Tagen eine Druckfestigkeit βw von $\gg 40$ N/mm² und eine Querzugfestigkeit βz von mindestens 1 N/mm² erreicht werden. Zudem war Frostbeständigkeit nach SNV gefordert. Auf Grund von Eignungsprüfungen wurde die folgende Trockengemischzusammensetzung festgelegt: Tausend Liter frostbeständige Zuschlagstoffe von max. 8 mm Korngrösse wurden mit 350 kg normalem Portlandzement, 50 Kilogramm Filler und zwei Kilogramm eines Dichtungsmittels vermischt. Die geforderten Festigkeiten waren bei den Vorversuchen zum Teil beträchtlich übertroffen worden. Für den Qualitätsnachweis am Objekt selbst wurden während der Spritzarbeiten jeweils gleichzeitig vier Probekörper mit den Abmessungen 50×50 cm hergestellt. Die vor Ort unter gleichen Bedingungen gelagerten Spritzbetonproben wurden nach 21 Tagen für die Entnahme der Bohrkerne ans Ufer gebracht. Diese Probekörper stehen auch für künftige Untersuchungen des Spritzbetons zur Verfügung. Kernbohrungen hätten die Verkleidung an den Felsen geschwächt; deshalb wurde darauf verzichtet. An Bohrkernen von 50 mm Durchmesser ermittelte die EMPA nach 32 Tagen eine mittlere Würfeldruckfestigkeit βw von 47,9 N/mm² sowie eine hohe Frostbeständigkeit.

Ausführung

Der Felsuntergrund wurde zuerst mit Handwerkzeugen und leichten Presslufthämmern von Algen, Moosen und losem Gestein befreit. Anschliessend wurde er durch Sandstrahlen mit quarzfreiem Strahlgut und durch Waschen gereinigt, um die einwandfreie Haftung des Spritzbetons zu gewährleisten. Dabei kam die ursprünglich gelbliche Farbe und die starke Zerklüftung des Malmkalkes wieder zum Vorschein (Bild 7).

In Abständen von etwa einem Meter wurden sodann Injektionsstutzen von ½″ Durchmesser in die durchgehenden Risse unter der Spritzbetonverkleidung versetzt. Nach dem Füllen der Klüfte, Spalten und Risse sowie zwei vollflächigen Spritzbetonschichten wurde die Armierung verlegt. Als solche diente ein Stahldrahtnetz mit 100 mm Maschenweite und 5 mm Drahtstärke, das dem Felsverlauf und den unteren Schichten satt angepasst und an zuvor eingespritzten Bindedrähten befestigt wurde. Die Ränder der Netzarmierung wurden im Abstand von ungefähr einem Meter mit einem verzinkten, L-förmigen Mörtelanker von 20 mm Durchmesser 50 cm tief mit dem Untergrund verbunden (Bild 8).

Am kleinen Felsen wurde ausserdem eine Ringarmierung aus Stahl III von 10 bis 12 mm Durchmesser als rippenförmige Verstärkung montiert. Vor dem Einspritzen der Armierung wurden alle Risse bis zur satten Verfüllung mit Zementmilch ausgepresst. Die Eisenüberdeckung beträgt überall mindestens fünf Zentimeter. Die beiden obersten Spritzbetonschichten wurden mit einem Mineralfarbzusatz der Umgebung angepasst. An den Rändern des Spritzbetons wurde der Fels so abgespitzt, dass sich saubere, wenigstens zehn Zentimeter starke Übergänge ergaben. In die Verkleidung am grossen Felsen wurden fünf verzinkte, 50 cm lange Messbolzen von 20 mm Durchmesser etwa 3 cm vorstehend versetzt; am kleinen Felsen war nur ein einziger notwendig.

Die Qualität des Spritzbetons hing bei der grossen Kälte massgeblich von einer einwandfreien Nachbehandlung ab. Dazu wurde unter den Gerüstverkleidungen ein fast subtropisches Klima mit Temperaturen von 15° bis 20 °C und 90 bis 100 Prozent Luftfeuchtigkeit erzeugt. Diese für die Betonerhärtung idealen Voraussetzungen herrschten am grossen Felsen während 21 Tagen. Beim kleinen Felsen zwang drohendes Hochwasser dazu, das Schutzdach schon sieben Tage nach Abschluss der Spritzbetonarbeiten abzubrechen.

Arbeitsumfang

Am grossen Felsen misst die sanierte Fläche rund 83 m². Der Trockengemischverbrauch betrug 24 m³, was eine theoretische Verkleidungsstärke von 15 cm ergibt. Beim kleinen Felsen lauten die entsprechenden Zahlen: 72 m² Verkleidung, 27 m³ Trockengemisch und 19 cm mittlere Spritzbetonstärke. Die Gesamtkosten für die Spritzbetonarbeiten betragen auf der Preisbasis 1983 rund 800 Franken pro Quadratmeter verkleideter Oberfläche. Die beschriebenen Arbeiten wurden von einer Gruppe von vier Mann unter Leitung eines erfahrenen Vorarbeiters bewältigt. Mit Montage- und Demontagearbeiten war zeitweise zusätzliches Personal beschäftigt. Die Arbeiten dauerten vom 3. Januar bis 15. Februar 1985. Während dieser sechs Wochen leistete die Belegschaft auf der Baustelle rund 1400 Arbeitsstunden (Bild 9).

Demontage der Installationen

Mit Beginn der starken Regenfälle am 2. Februar wurde die rasch ansteigende Durchflusstendenz zum Problem. Es galt, das Risiko gegen eine nochmalige teure Dammverstärkung abzuwägen. Die Gerüstdemontage am kleinen Felsen sollte zugunsten einer optimalen Nachbehandlung des jüngeren Spritzbetons möglichst hinausgeschoben werden. Nachdem aber am 11. Februar die Durchflussmenge auf die bedrohliche Höhe von 298 m³/s angestiegen war, wurde der Rückzug aller Installationen angeordnet. Die Sandsäcke blieben wie vorgesehen im Rhein.

Schlussbemerkungen

Die gewählte Erschliessung und Abdämmung inmitten des Rheins war äusserst einfach gewählt. Daher musste bei höheren Wassermengen mit dem Wegschwemmen der Sandsäcke und der vorzeitigen Demontage von Steg und Gerüsten gerechnet werden. Dank geschickter Wahl der Lage von Steg und Abdämmung, verbunden mit laufenden Beobachtungen der Wetterlage und mit den notwendigen Zusatzabdämmungen liess sich das Risiko auf ein Minimum reduzieren. So war es auch möglich, die vorerst nicht geplante Sanierung am kleinen Felsen auszuführen, wobei bis kurz vor dem geplanten Bauende das Wetterglück mithalf.

Alle am Bau Beteiligten sind dankbar, dass sich in dieser gefahrvollen, aber auch romantisch mit Eis überzogenen Rheinlandschaft keine Unfälle ereignet haben.

Für die Sicherung der beiden Felsen mussten (ohne die Honorare) rund Fr. 300 000 aufgewendet werden. Es ist zu hoffen, dass dank den beschriebenen Massnahmen die bizarren Felsen noch manchen Generationen erhalten bleiben werden.

Adresse des Verfassers: *René Härri*, dipl. Bauing. ETH/SIA, Amt für Gewässerschutz und Wasserbau des Kantons Zürich, Walchetor, 8090 Zürich.

Der Verfasser dankt folgenden Mitarbeitern der beteiligten Firmen für ihre Beiträge zu diesem Bericht: *Jakob Hasenfratz*, dipl. Bauing. ETH/SIA, Locher & Cie AG, Zürich; *Werner Bramaz*, Ing. HTL, Locher & Cie AG, Zürich; *Jakob Deppe*, Ing. HTL, Lerch AG, Schaffhausen; *Hans Gubler*, Ing. HTL, Laich AG, Avegno.

Am Bau beteiligte Firmen

Bauherrschaft
Direktion der öffentlichen Bauten des Kantons Zürich,
Baudirektion des Kantons Schaffhausen

Projekt und Bauleitung
Locher & Cie AG, Zürich

Geologische Untersuchungen
Geotechnisches Büro
Dr. von Moos, Zürich

Vermessung
Keller, Vermessungen AG, Winterthur

Bauarbeiten
Lerch AG, Schaffhausen,
Laich SA, Avegno
(Subunternehmer Spritzbeton)

CAD-Praxis im Architekturbüro (III):

Strukturverbesserungen traditioneller Arbeitsprozesse

Von Jürg Bernet, Zug

«CAD-Praxis im Architekturbüro» stellt eine Reihe von in sich geschlossenen Teilbeiträgen über die Anwendung moderner CAD-Systeme vor. Computer Aided Design wird darin verstanden als Arbeitshilfe, als Hilfsmittel zur Bearbeitung architektonischer Planungs- und Gestaltungsaufgaben, die sich heute in zahlreichen traditionell organisierten Architekturbüros stellen.
Der heutige Beitrag weist darauf hin, welche prinzipiellen Möglichkeiten der Leistungssteigerung mit CAD eröffnet werden können und welche strukturellen Veränderungen traditioneller Arbeitsprozesse damit verbunden sind.

Traditionellerweise wurden bis heute alle nötigen Angaben über ein Bauobjekt in zahlreichen einzelnen Tabellen, Plänen und Beschrieben aufgezeichnet und bearbeitet. Bei der Anwendung eines CAD-Systems hingegen ist der gesamte Datensatz im Computer gespeichert. In dieser Loslösung der Informationen von ihrem Träger liegt eines der grundlegenden Konzepte computerunterstützten Arbeitens [7]. Welche Möglichkeiten zur Verbesserung traditioneller Arbeitsprozesse im Architekturbüro können damit erschlossen werden?

Die massgebenden Faktoren lassen sich heute in 5 Teilbereiche zusammenfassen:

1. Zeit gewinnen

Durch die gezielte Unterstützung der Zeichnungsarbeit mit einem CAD-System können viele Routinearbeiten wesentlich beschleunigt werden:

- Jedes Planelement wird nur einmal gezeichnet. Mehrmals vorkommende Bau- oder Gebäudeteile werden nach dem einmaligen Zeichnen lediglich in die gewünschte Lage kopiert.
- Das Konstruieren geometrischer Figuren wie Raster und Kurven wird durch automatische Hilfskonstruktionen erleichtert.
- Schraffuren, Beschriftungen und Vermassungen werden nach den ge-