

Zeitschrift: Schweizer Ingenieur und Architekt
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 111 (1993)
Heft: 16/17

Artikel: Cimavilla-Brücke, Poschiavo: eine unkonventionelle Lösung aufgrund der Erfahrungen aus dem Unwetter vom Juli 1987
Autor: Jäggi, M. / Abegg, J.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-78175>

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: 25.01.2026

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

Festigkeitswerte und die ausgesprochen geringe Zähigkeit dar. Bei Verwendung dieses Werkstoffs müsste die zulässige Last für die Befestigungselemente herabgesetzt werden. Vorteil von CuNi2Si ist der niedrige Preis.

□ Ni-Legierungen (Inconel 625 und Hastelloy-Typen): Die Korrosionsbeständigkeit ist ausgezeichnet, die mechanischen Eigenschaften ausreichend hoch, die Legierungen sind aber schwierig zu bearbeiten und sehr teuer.

□ Titan: Die Beständigkeit ist ausgezeichnet, die Festigkeit der handelsüblichen Reintitansorten ist aber zu gering. Verwendbar wäre eine japanische Neuentwicklung mit stark erhöhter Festigkeit. Titan erfordert Erfahrung in der Bearbeitung. Der Preis ist hoch und unterliegt grossen Schwankungen.

□ 1.4565: Dieser relativ neue Werkstoff ist laut Herstellerangaben und den bisherigen Ergebnissen in der Korrosionsbeständigkeit den 6%-Mo-Stählen gleichzusetzen. Er bietet eine optimale Kombination von Korrosionsbeständigkeit und hoher Festigkeit. Es liegen jedoch noch keine Langzeitreferenzen aus Praxisanwendungen vor. Die Verfügbbarkeit ist noch begrenzt.

Optimale Werkstoffwahl

Als optimale Lösung bieten sich die 6% Mo-Stähle 1.4529 bzw. 254 SMO an. Diese in der chemischen Industrie, Ener-

gietechnik und im Offshore-Einsatz vielfach bewährten Werkstoffe können unter den im Tunnel vorliegenden Bedingungen als beständig angesehen werden. Der an Ankerstangen durchgeführte Spaltkorrosionstest sowie die Praxiserfahrung bestätigen dies. Ferner sind sie leichter zu bearbeiten und merklich billiger als die ebenfalls in Frage kommenden Ni-Legierungen 625 und C-4.

Die Befestigungen für die Beleuchtung und verschiedene Leitungen wurden inzwischen bereits in der Qualität 1.4529 ausgeführt.

Übertragbarkeit auf andere Tunnels

Aufgrund der bisherigen Erfahrung muss davon ausgegangen werden, dass die Ergebnisse aus dem Mont-Blanc-Tunnel nicht 1:1 auf andere Strassen- oder Eisenbahntunnels übertragen werden können. Die Aggressivität der Tunnelatmosphäre hängt im wesentlichen von der Feuchtigkeit der Cl^- Belastung, dem Anteil an sauren Abgasbestandteilen und der Staubbelastung ab. Indirekt wirken sich auch die Verkehrsfrequenz, der LKW-Anteil, konstruktive Merkmale (ein/zweiröhrige Bauweise, Länge, Belüftungsverhältnisse) und geographische Merkmale (Höhenlage, Himmelsrichtung) aus. Diese Zusammenhänge sind bisher nicht im Detail untersucht worden. Eine auf den Einzelfall optimierte Lösung ist daher derzeit nicht möglich.

Empfehlung

Aufgrund der relativ geringen Differenz in den Kosten für die Erstinvestition zwischen den 6%-Mo-Stählen und etwas niedriger legierten Stählen, gemessen an den Kosten für periodische Überwachung bzw. Reparaturmassnahmen, erscheint es sinnvoller die als langfristig korrosionsbeständig anzusehenden 6%-Mo-Stähle auch dort einzusetzen, wo weniger aggressive Bedingungen vermutet werden.

Adresse der Verfasser: H. Haselmair, Hilti Bauchemie GmbH, Eisenstrasse 38, D-6090 Rüsselsheim, A. Übleis, Hilti AG, Konzernforschung, Feldkirchstrasse, FL-9494 Schaan, und Prof. Dr. H. Böhni, Institut für Baustoffe, Werkstoffchemie und Korrosion, ETH-Hönggerberg, 8093 Zürich.

Literatur

- [1] Quelques notes sur le tunnel routier du Mont Blanc, Société Concessionnaire Française pour la Construction & l'Exploitation du Tunnel Routier sous le Mont Blanc, Paris, o. Jg.
- [2] Hilti Handbuch der Befestigungstechnik, Anker- und Dübelmontage, 8/1991, S. 41.

Die Autoren danken Herrn G. Roncoli, Technischer Direktor der Mont-Blanc-Tunnel-Betriebsgesellschaft, und den Herren Gamay und Bernard für die Unterstützung bei der Durchführung des Feldversuchs. Besonderer Dank gebührt den Herren P. Gschwend und F. Peter für ihren Einsatz bei der Auswertung der Versuche.

Cimavilla-Brücke, Poschiavo

Eine unkonventionelle Lösung aufgrund der Erfahrungen aus dem Unwetter vom Juli 1987

Eingehende Untersuchungen und Modellversuche, gestützt auf den Beobachtungen aus der Hochwasserkatastrophe vom 18./19. Juli 1987, führen zu einem unkonventionellen Vorschlag, der – in Abweichung zur herkömmlichen Dimensionierungspraxis – die Abflusskapazität beträchtlich erhöht und allenfalls auch für weitere Brücken Modellcharakter haben könnte.

Ausserordentliche Regenfälle führten am 18./19. Juli 1987 im Veltlin und im angrenzenden Puschlav zu extremen

VON M. JÄGGI UND J. ABEGG,
ZÜRICH

Hochwasserabflüssen. Im Val Varuna wurden mehrere Murschübe ausgelöst, welche insgesamt rund 350 000 m³ Material zu Tale beförderten. Zwar lagerte sich der grösste Teil davon auf dem

Schwemmkegel in Privilasco ab, doch erreichten etwa 10% des Materials den Hauptfluss im Tal, den Poschiavino. Dieser führte zwar gleichzeitig Hochwasser, doch verursachten diese extremen Materialeinstösse im Mündungsbereich Sohlenhebungen von mehreren Metern. Das Hochwasser des Poschiavino verteilte diese Ablagerungen talwärts. Auf einer Strecke von einigen 100 m wurde so das ganze Flussbett aufgefüllt, und Wasser und Geschiebe breiteten sich über die Kantonsstrasse tal-

wärts aus (Bild 1). Was an Abfluss noch im Gerinne verblieb, wurde schliesslich grösstenteils bei der Cimavilla-Brücke seitlich abgedrängt. Unterhalb der Brücke verblieb im Gerinne des Poschiavinos nur noch ein kleiner Restabfluss. Dafür ergossen sich Wasser und Geschiebemassen vor allem durch die Via Maestra und verwüsteten Häuser, Strassen und Plätze.

Hydraulische Wirkung der Cimavilla-Brücke

Heute, das heisst etwas mehr als 5 Jahre nach dem Ereignis, steht einigermassen fest, welche Prozesse zum Schaden führten. Die Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie an der ETH Zürich untersuchte im Auftrag der Gemeinde Poschiavo und des Kantonalen Tiefbauamts Graubünden, wie hoch die Gefährdung des Dorfs Poschiavo bei einem hohem Feststoffeintrag aus dem Val Varuna noch sei. Das Problem wurde mit Hilfe einer numeri-

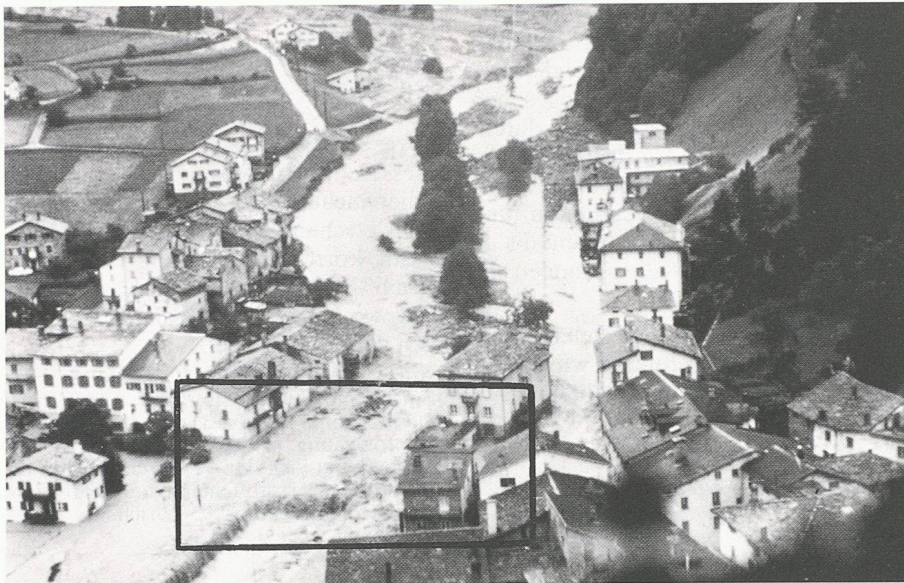


Bild 1. Feststoffablagerungen im Gerinne des Poschiavinos oberhalb der Cimavilla-Brücke am 18./19. Juli 1987. Hochwasserabfluss über die Kantonsstrasse gegen die Via Maestra (Foto A. Riedo, Poschiavo)

schen Simulation und eines einfachen hydraulischen Modelles analysiert.

Es zeigte sich, dass das Gerinne des Poschiavinos bei der Cimavilla-Brücke im Vergleich mit der nachfolgenden Dorfstrasse eine höhere Abflusskapazität aufweist. Rein hydraulisch gesehen wäre somit der Querschnitt bei der Cimavilla-Brücke nicht massgebend für die Abflusskapazität. Bei einem Eintrag von 30 000 m³ Material oder mehr aus dem Val Varuna ändern sich aber die Verhältnisse. Ein solcher Fall ist heute grundsätzlich immer noch möglich, obwohl das Tobel des Val Varuna mit massiven Betonsperren verbaut wird. Es darf zwar angenommen werden, dass extreme Murschübe wie jene von 1987 durch diese Sperren weitgehend unterbunden werden. Andererseits wurde aber das Gerinne des Varunasch im Bereich des Kegels so kanalisiert, dass eine seitliche Ablagerung wenig wahrscheinlich wird. Ein kleinerer Murstoss würde somit vollständig bis in den Mündungsbereich des Varunasch in den Poschiavino gelangen. Die Kapazität des dortigen Geschiebesammlers ist aus Platzgründen auf einige 1000 m³ begrenzt.

Direkt nach dem Einstoss des Materials würde dieses grösstenteils im Bett des Poschiavinos abgelagert und dort wieder zu einer Sohlenhebung führen, wobei im Gerinne eine Art Rampe entstehen würde. Mit der Zeit würde das Hochwasser des Poschiavino diese Rampe abflachen, im Bereich der Mündung die Sohle wieder abtiefen, und den Fuss der Rampe langsam gegen die Cimavilla-Brücke verschieben. Bei einer Hochwasserführung wie 1987 wäre es möglich, dass die Sohle etwa 100 m

oberhalb der Cimavilla-Brücke soweit auflandet, dass wiederum Wasser über die Kantonsstrasse ins Dorf eindringen kann. Bei den heutigen baulichen Verhältnissen in diesem Ortsteil kann zur Begegnung dieser Gefahr nur eine Lösung mit Dammbalken empfohlen werden. Mit diesen Dammbalken könnte die Strasse im Bedarfsfall abgesperrt und das Wasser wieder ins Gerinne zurückgeleitet werden. Ähnliche Dispositive wurden an der Via Maestra bereits 1987 nach dem Hauptereignis eingesetzt.

In den Modellversuchen hat sich gezeigt, dass der Cimavilla-Brücke zwar nicht alleine die Schuld für die Schäden von 1987 gegeben werden kann, dass sie aber unter bestimmten Verhältnissen doch zu einer besonderen Gefahr werden kann. Die Verlandungsfront, das heisst der Fuss der oben beschriebenen Rampe, erreicht die Cimavilla-Brücke erst bei abklingendem Hochwasser. Zu diesem Zeitpunkt ist die Wasserführung relativ klein und die Geschiebetransportkapazität somit verhältnismässig gering, was durch ein relativ hohes Gefälle des Verlandungskörpers ausgeglichen wird. Während der Verlandungskörper unter der Cimavilla-Brücke hindurch in das unterliegende Gerinne hinein vorstösst, hebt sich die Sohle im kritischen Profil laufend, und der Wasserspiegel erreicht trotz der geringen Abflussmenge die Brückenunterkante. Gerät die Brücke unter Druck, steigt der Wasserspiegel im Oberwasser der Brücke sprunghaft an. Bei einer üblichen Konstruktion für eine solche Strassenbrücke mit einer verhältnismässig dünnen Platte oder niedrigen Trägern und einem offenen Gelände heisst dies,

dass sich sofort ein Teil des Wassers über die Brücke ergiesst.

Die Beobachtungen im Modell haben gezeigt, dass auf diese Weise nur Reinwasser entlastet wird, da das Geschiebe naturgemäss in Sohlennähe verbleibt. Die entlastete Wassermenge steht aber nicht mehr für den Transport von Geschiebe unter der Brücke hindurch zur Verfügung, wodurch die Geschiebetransportkapazität unter der Brücke weiter abnimmt. Dadurch lagert sich sofort mehr Geschiebe im kritischen Querschnitt ab, und es wird noch mehr Wasser über die Brücke entlastet. Das Phänomen schaukelt sich also auf. Sobald im Modell dieser Prozess einmal begann, wurde der Brückenquerschnitt sehr rasch durch Geschiebeablagerungen verfüllt und analog dem Ereignis von 1987 ergoss sich anschliessend praktisch die ganze Wassermenge links und rechts auf die Strasse.

Die Brücke als Druckstollen

Angeregt durch Modellversuche für das Hochwasserschutzprojekt Gurtellen [2, 3] und die sehr ähnlichen Probleme an der Wilerbrücke, wurde auch für die Cimavilla-Brücke eine unkonventionelle Lösung gesucht. Die Erkenntnis über den wahrscheinlichen Versagensmechanismus der Brücke im Jahre 1987 ergab als Grundsatz einer Lösung, dass die Entlastung von geschiefbefreiem Wasser über die Brücke verhindert werden muss. Die Versuche für Gurtellen hatten gezeigt, dass ein Abfluss unter Druck bei einer Brücke nicht notwendigerweise zu Schäden führen muss, sondern sogar eine positive Lösung darstellen kann. Eine Bedingung dafür ist allerdings, dass der Anstieg des Wasserspiegels oberhalb der Brücke durch bauliche Massnahmen soweit aufgefangen werden kann, dass diese Entlastung nicht stattfinden kann.

Für die Cimavilla-Brücke bedeutet dies konstruktive Anpassungen. Die Ufermauern müssen oberhalb der Brücke stellenweise erhöht werden, um ein frühzeitiges Ausufern des Poschiavinos zu verhindern. Bei der Brücke selbst muss an der Oberwasserseite eine Art Verschalung vorgesehen werden. Wie Bild 2 - das im Modell bei ähnlichen Abfluss- und Geschiebetransportverhältnissen wie 1987 aufgenommen wurde - zeigt, kann damit der Abfluss anstandslos unter der Brücke hindurchgeführt werden. Bereits während der Modelluntersuchungen für das Projekt Gurtellen konnte beobachtet werden, wie die Querschnittverengung bei verhinderter Entlastung unter der Brücke zu höheren Fliessgeschwindigkeiten führt. Dadurch steigt auch die Transportlei-



Bild 2. Abfluss unter der modifizierten Cimavilla-Brücke im hydraulischen Modell, bei ähnlichen Abfluss- und Geschlebeverhältnissen wie auf Bild 1

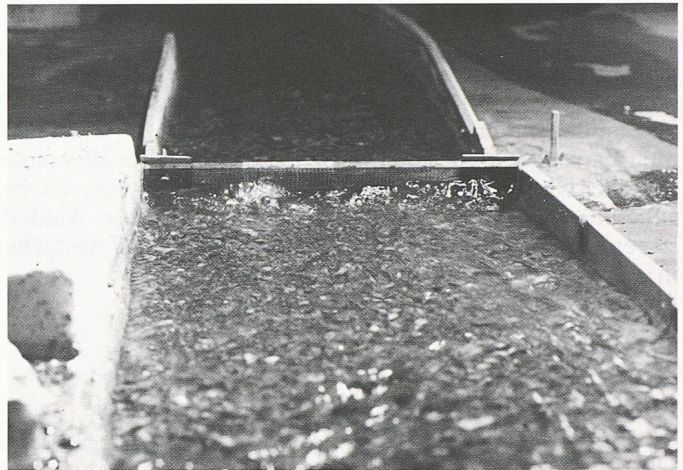


Bild 3. Abfluss unter der Cimavilla-Brücke wie auf Bild 2, Blick in Fließrichtung

stung und der Fluss räumt sich bei diesen Verhältnissen den Weg selber frei. Bild 3 zeigt die Anströmung des Brückenquerschnitts von oben. Die Anströmung entspricht jener zum Einlauf eines Druckstollens.

Im hydraulischen Modell wurden verschiedene Formen solcher Verschaltungen für zwei verschiedene Brückenniveaus untersucht. Ein Niveau entspricht dem Zustand während des Hochwassers vom 18./19. Juli 1987, das andere der um rund einen Meter erhöhten heutigen Brücke. Die einfachste Ausbildung der Verschaltung (vertikale Mauer am oberen Brückenende) führte zu einem hohen Aufstau und damit zu einem gewissen Versagensrisiko. Andere Formen waren untereinander fast gleichwertig. Zwar wurde das Optimum mit einer hydraulischen Formgebung (Lemniskate) erreicht, aber eine unter 45° geneigte Verschaltung kam leistungsmässig sehr nahe an diese optimale Form heran.

Versagensrisiko

Selbstverständlich kann eine solche Lösung nicht einfach auf irgendeine Brücke übertragen werden. Die Lösung funktioniert nur so lange, wie die Energiehöhe oberhalb der Brücke nicht über die Oberkante der Verschaltung ansteigt und sich so Wasser über die Brücke ergiesst. Wenn die Verlandungsfront vor dem vollständigen Abklingen des Hochwassers noch weit talwärts wandert, kann es unter Umständen zu grösseren Sohlenhebungen im Hinterwasser der Brücke kommen, die sich dann auch nach oben auswirken. Im Fall der Cimavilla-Brücke kann dies aber für Hochwasser, welche ähnlich ablaufen wie jenes von 1987, ausgeschlossen werden.

Ein anderes Risiko ist jenes einer zu starken Unterkolkung der Brückenwiderlager. Infolge der selbsttätigen Räumung des Brückenquerschnitts durch den Abfluss können verhältnismässig tiefe Kolklöcher entstehen, besonders wenn noch ein Teil des Abflussquerschnitts durch Geschwemmsel verlegt ist. Günstig wirkt sich der Umstand aus, dass bei der Cimavilla-Brücke erst dann Probleme entstehen, wenn sich bereits massiv Geschiebe abgelagert hat. Die im Modell beobachtete lokale Eintiefung erfolgte praktisch nur in den Ablagerungen und erreichte die ursprüngliche Sohle nicht.

Geschwemmselproblem

Nach den bisher akzeptierten Richtlinien [1] wurde bei Brücken davon ausgegangen, dass über dem maximal möglichen Wasserspiegel noch eine lichte Weite von mindestens einem Meter vorhanden sein muss. Dadurch sollte vor allem das bei Hochwasser praktisch immer mitgeführte Geschwemmsel die Brücken passieren können, ohne Schaden anzurichten.

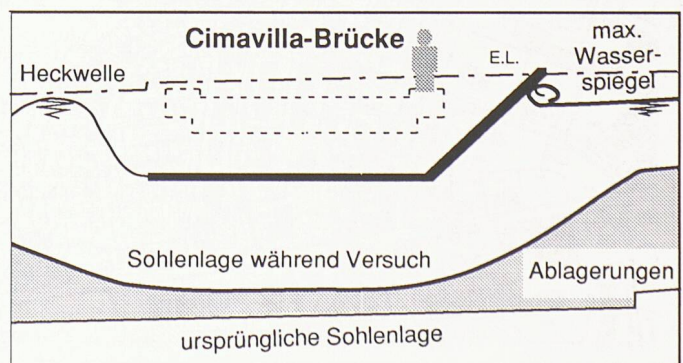
In der Praxis muss aber immer wieder festgestellt werden, dass viele Brücken

relativ tief liegen und diese Richtlinien nicht erfüllen. Die strikte Einhaltung dieser Bedingung würde oft zu problematischen Bauwerken führen. Bei der Cimavilla-Brücke etwa hätten in einem solchen Fall die Anstösser beidseits des Flusses den Durchgangsverkehr etwa auf der Höhe des ersten Stocks.

Im hydraulischen Modell wurden auch Versuche mit erheblicher Holzzufuhr durchgeführt. Einzeln auf die Brücke zutreibende astfreie Stämme wurden durch den unter der Brücke beschleunigten Abfluss in der Regel weiter transportiert. Stark verästeltes Holz oder auch grosse Gruppen von Hölzern konnten den Brückenquerschnitt nur noch teilweise passieren. Das vor und unter der Brücke verklemmte Holz verkleinerte den Abflussquerschnitt. Dies wiederum verstärkte aber den Düsen effekt und die Selbsträumung des übrigen Querschnittes.

Es blieb so immer ein genügend grosser Abflussquerschnitt frei, so dass es nie zu einer Entlastung kam. Weitere Zufuhr von Holz vergrösserte den Holzteppich, welcher sich mit der Zeit oberhalb der Brücke bildete. Überall im Bereich des Holzteppichs setzte dann die Erosion der Materialablagerungen ein, der Abfluss regulierte sich somit sein Bett selber. Im

Bild 4. Prinzip des Lösungsvorschlags für die Cimavilla-Brücke mit einer unter 45° geneigten Verschaltung auf dem Niveau von 1987. Der Abfluss unter der Brücke erfolgt unter Druck, die Brücke entspricht hydraulisch gesehen einem Druckstollen



Einklang mit den früher zitierten Versuchen kann auch da festgestellt werden, dass auf einer beweglichen Sohle eine partielle Verklausung nie zu einer vollständigen Verlegung des Abflussquerschnitts führen kann. Selbstverständlich wirkt aber ein Holzteppich mit zunehmender Grösse mit der Zeit störend. Es scheint aber möglich, dass in einem solchen Falle eingegriffen werden kann, um die Grösse des Teppichs zu begrenzen.

Schlussbemerkungen

Die für die Cimavilla-Brücke vorgeschlagene Lösung bedeutet eine Ab-

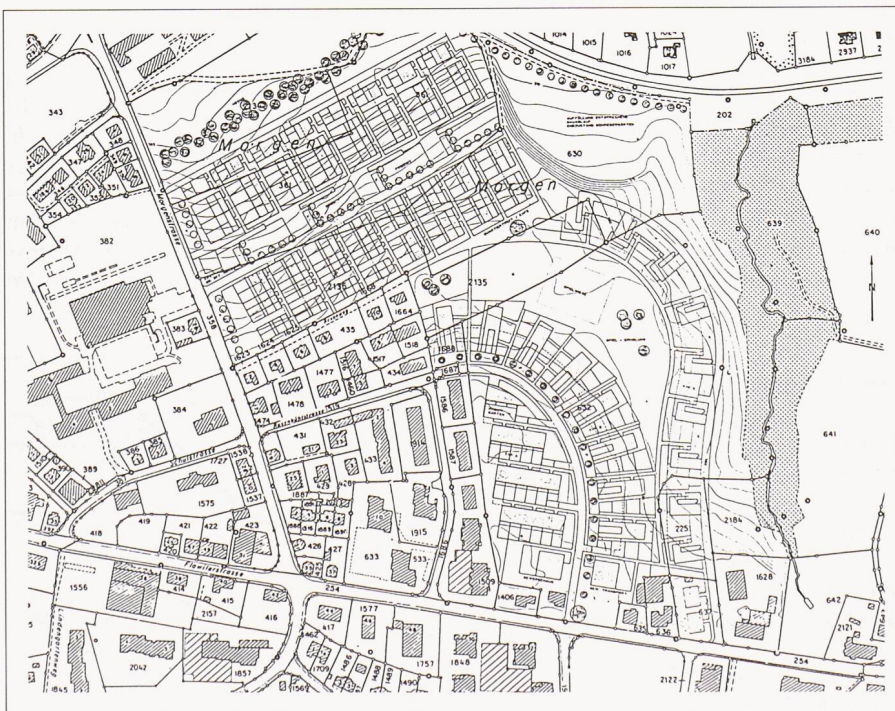
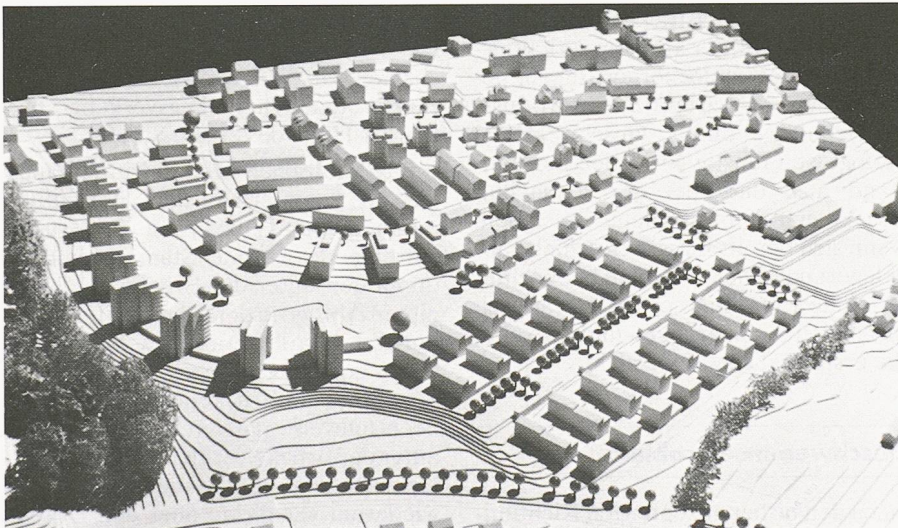
weichung von einer langjährigen Dimensionierungspraxis. Sie könnte aber, gewissen Bedingungen vorausgesetzt, für viele weitere Brücken und Durchlässe zu einem Modellvorschlag werden. Vor allem sollte es aber durch diese Massnahmen möglich sein, Poschiavo vor einer Wiederholung der Schäden von 1987 weitgehend zu schützen.

Adresse der Verfasser: Dr. M. Jäggi und J. Abegg, dipl. Ing., Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie (VAW), ETH-Zentrum, 8092 Zürich.

Literatur

- [1] Eidg. Amt für Strassen- und Flussbau - ASF (1974): «Die grössten bis zum Jahre 1969 beobachteten Abflussmengen von schweizerischen Gewässern»
- [2] Bezzola G.R., Kuster P., Pellandini S. (1990): «The Reuss river flood of 1987 – hydraulic model tests and reconstruction concepts», proc. International conference on river flood hydraulics, Wallingford, England
- [3] Schleiss A., Bär H., Gmür A. (1992): «Projektierung und Bau von Hochwasserschutzmassnahmen an der Reuss in Gurtellen-Wiler», Symp. Interpraevent, Band 5, Bern

Wettbewerbe



Überbauung Areal «Morgen», Oberuzwil SG

Die politische Gemeinde Oberuzwil veranstaltete einen Ideenwettbewerb unter 14 eingeladenen Architekten für eine Wohnüberbauung auf dem Areal «Morgen». Es wurden 13 Projekte eingereicht.

Fachpreisrichter waren Ferdinand Bereuter, Rorschach; Bruno Bossart, St. Gallen; Martin Eicher, Rapperswil; Max Kasper, Zürich; Beat Rey, St. Gallen, Ersatz.

1. Preis (18 000 Fr. mit Antrag zur Weiterbearbeitung): **Marcel Ferrier**, St. Gallen; Mitarbeiter: **S. Schönenberger**, **R. Nater**, **A. Tomaselli**

Aus dem Bericht des Preisgerichtes

Jeder der drei typischen Geländemodulationen (Nordhang, Osthang mit Plateau und Geländekante) wird eine spezifische Gebäudeform zugeordnet. Dadurch entsteht bei aller Differenzierung eine einheitliche Grossform, die ordnend in die amorphe Struktur des Bestehenden eingreift und einen markanten, aber dennoch unaufdringlichen Abschluss des Siedlungsgebietes gegen Osten und gegen das Tobel schafft. Mit den feingegliederten Punkthäusern längs der Geländekante wird der Rand der Besiedlung gleichsam abgesteckt; die Konzentration von Wohnfläche ermöglicht die Freihaltung einer grossen zentralen Grünfläche, die sowohl den Punkthäusern wie auch den anschliessenden, fächerförmig angeordneten Zeilenbauten zugute kommt. Der Nordhang wird folgerichtig mit einer Zeilenbebauung senkrecht zum Hang belegt, was in dieser Situation optimale Besonnungsverhältnisse für die einzelnen Wohnungen gewährleistet. Die zentrale Achse mit der schöngegliederten Freifläche schafft einen eindeutigen städtebaulichen Bezug zur bestehenden Mehrzweckhalle und verbindet so die Neubauten der ersten Etappe mit den öffentlichen Bauten westlich der Morgenstrasse.

In der architektonischen Durcharbeitung zeigt das Projekt durchwegs hohe Qualität. Dank der einfachen klaren Baukuben ist eine gute Wirtschaftlichkeit zu erwarten. Insgesamt betrachtet ist das Projekt ein Beitrag von hoher städtebaulicher und architektonischer Qualität.

Modellaufnahme von Norden, Lageplan