



Internationales Symposium INTERPRAEVENT 2004 – RIVA / TRIENT

HOCHWASSERSCHUTZ DURCH KONTROLLIERTE ÜBERFLUTUNGEN

FALLBEISPIEL SUHRE/SCHWEIZ

FLOOD PROTECTION BY CONTROLLED FLOODING

CASE STUDY OF SUHRE/SWITZERLAND

Dr. Dieter Müller¹

ZUSAMMENFASSUNG

Hochwasser hat im Suhretal wiederholt zu Überschwemmungen mit hohem Sachschaden an Infrastruktur, Bauten und Landwirtschaft geführt. Im Zusammenhang mit dem Neubau einer Bahnlinie drängte sich darum auch eine Lösung für den Hochwasserschutz auf. Die Ziele des Hochwasserschutzkonzepts umfassen den Hochwasser- und Grundwasserschutz und die Renaturierung des Gewässerabschnittes unter Berücksichtigung der Aspekte der Landwirtschaft, des Natur- und Landschaftschutzes und der Optimierung der Kosten. Das Konzept für den südlichen Gemeindeabschnitt sieht vor, das heutige Überflutungsgebiet durch ein kontrolliertes Überflutungsgerinne einzuschränken und die bestehende Suhre auf eine durchgehend identische Kapazität auszubauen. Das Entlastungsbauwerk in Form eines in einer Kurve liegenden Streichwehres erzwingt die Trennung des Hochwasserabflusses zwischen natürlicher Suhre und dem Überflutungsgerinne. Die Optimierung der Entlastung wurde in einem hydraulischen Modellversuche vollzogen. Dabei wurden die Abmessungen des Streichwehres verringert, die baulichen Massnahmen definiert, die Trenncharakteristik bestimmt und der Einfluss des Geschiebes und des Geschwemmsels abgeklärt.

Key words: Hochwasser, Schutzkonzepte, hydraulischer Modellversuch

ABSTRACT

Floods have occurred several times within the last decade and have caused extensive damage on infrastructure, buildings and agriculture. Flood protection measures have been planned together with a new railway project. The concept includes flood and groundwater protection and re-naturalisation of the river Suhre by considering agricultural and ecological aspects and economic optimization. The flood protection concept in the southern part of Suhre/Muhen is based on a moderate river channel improvement with a flood channel through agricultural land, which will act as controlled flood area. A side spillway along a river bend of the Suhre

¹ Leiter Geschäftsbereich Wasserbau und Umwelt, Colenco Power Engineering AG, Täferstrasse 26, 5405 Baden/Schweiz, (Tel.: +41-56 483 17 30; Fax: +41-56 493 73 59; email: dieter.mueller@colenco.ch)

regulates the discharge through the river and the flood channel. This construction was optimized in a hydraulic model test. The dimensions of the side spillway were reduced, the construction measures were defined, the characteristic of the spillway was optimized and the influence of sediment and trash was investigated.

Key words: Flood, concept of flood protection, hydraulic model test

AUSGANGSLAGE

Die Suhre als charakteristisches Mittellandgewässer verläuft von Sursee am Ausfluss des Sempachersees in nördliche Richtung durch das nach ihr benannte Tal bis zur Mündung in die Aare bei Rohr. Das Einzugsgebiet des Gewässers umfasst 197 km² und der mittlere jährliche Abfluss liegt bei 2.8 m³/s. Das 100-jährliche Hochwasser der Suhre wird in Muhen auf ca. 68 m³/s geschätzt.

Trotz des langsamen aber stetigen Wandels haben sich drei wesentliche Problemkreise für die Talschaft nicht verändert:

- Die periodischen Überschwemmungen und das Bedürfnis nach Hochwasserschutz von Bauten und Baugebieten (Abb. 1, 2).
- Die starke Grundwassernutzung im Suhrental und damit der Ruf nach einer Verbesserung der natürlichen und künstlichen Grundwasseranreicherung.
- Das Bedürfnis nach Erhaltung, Schutz und, wo nötig, nach Aufwertung der Natur und Landschaft entlang des Suhrelaufes.



Abb. 1: Hochwasser Mai 1999, Suhre/Muhen.
Fig. 1: Flood event in May 1999, River Suhre/Muhen.



Abb. 2: Hochwasser Dezember 1995, Muhen.
Fig. 2: Flood event in December 1995, Muhen.

Der vorliegende Fachartikel geht primär auf das Hochwasserschutzkonzept im südlichsten Teil der Suhre ein. Die baulichen Hochwasserschutzmassnahmen, insbesondere das Entlastungsbauwerk, werden vorgestellt.

HOCHWASSERSCHUTZKONZEPT

Ursprüngliche Projekte

In der Vergangenheit wurde wiederholt versucht, den oben genannten Problemen durch Einzellösungen Abhilfe zu schaffen. Das Hauptaugenmerk wurde dabei aber eindeutig dem technischen Hochwasserschutz gewidmet. Das Ziel bei den früheren Projekten war, ein Hochwasser möglichst rasch, vollständig und schadenfrei abzuleiten. Rein wasserbaulich gesehen waren die in diesem Geiste erarbeiteten Projekte gut durchdacht. Sie hätten aber bei der sich inzwischen entwickelten, gesamtheitlichen Betrachtungsweise grosse Interessenskonflikte ergeben. Das Bewusstsein, dass der Schutz und die Aufwertung der Natur und Landschaft entlang des Suhrelaufes gleiche Priorität wie die wasserbaulichen und hydrogeologischen Aspekte verdienen, ist in eine umfassende Planung einbezogen worden.

Ziele

Die wesentlichen Aufgaben die an der Suhre im Abschnitt Muhen erreicht werden sollten sind:

- Differenzierter Hochwasserschutz unter Einbezug der Neutrassierung der Bahn und der Landwirtschaft (Schutzbedürfnis)
- Renaturierung des Gewässerabschnittes (Bedürfnis nach ökologischer Aufwertung des Fließgewässers)
- Berücksichtigung der Interessen der Grundwassernutzung, -anreicherung und des Natur- und Landschaftschutzes (Umweltbedürfnis)
- Quantitative und qualitative Verbesserung des Grundwasserträgers (Schutzbedürfnis)
- Optimierung der Kosten (Ökonomie)

Gewähltes Schutzkonzept

Gemäss Verordnung zum schweizerischen Gewässerschutzgesetz sind bei Hochwasserschutzmassnahmen differenzierte Schutzziele festzulegen. Das heisst, dass für Wiesland, Ackerland und Baugebiete nicht die gleichen Anforderungen an den Hochwasserschutz gestellt werden. Im vorliegenden Fall der Suhre hat man sich auf folgende Schutzziele geeinigt:

Landwirtschaftsgebiet	$HQ_{2-5} = 20 \text{ m}^3/\text{s}$
Baugebiete	$HQ_{100} = 68 \text{ m}^3/\text{s}$
Infrastruktur (Bahn, Strassen)	$HQ_{100} = 68 \text{ m}^3/\text{s}$

Zum Erreichen der Ziele musste das Hochwasserschutzkonzept für die Suhre in Muhen aufgrund der definierten Randbedingungen in einen nördlichen und einen südlichen Teil aufgeteilt werden (Abb. 3).

Das Konzept für den südlichen, ca. 950 m langen Gemeindeabschnitt (Abb. 3) sieht vor, das heutige Überflutungsgebiet durch ein kontrolliertes Überflutungsgerinne einzuschränken und die bestehende Suhre auf eine durchgehend identische Kapazität auszubauen. Eine Optimierung der Kosten und der Eingriffe zeigte, dass maximal ca. 20 - 25 m^3/s durch die heutige Suhre ohne Schaden und Überflutungen abgeleitet werden kann. Der Rest würde bei grösseren Hochwassern durch das Überflutungsgerinne fliessen. Das so vorgesehene Überflutungsgerinne wird bei Abflüssen um ca. 20-25 m^3/s aktiviert. Dies dürfte ca. alle 2 bis 3

- (6) Lokaler Ausbau der bestehenden Suhre unter Einbezug der Renaturierung.
- (7) Vereinigungsbauwerk von Überflutungsgerinne in die bestehende Suhre.
- (8) Sohlenabsenkung auf der gesamten nördlichen Projektlänge.
- (9) Lokale Dammschüttungen zur Gewährleistung des notwendigen Freibordes.
- (10) Abbruch und Neubau von 2 Brücken.
- (11) Neue Linienführung der Suhre im Bereich der Industriezone.

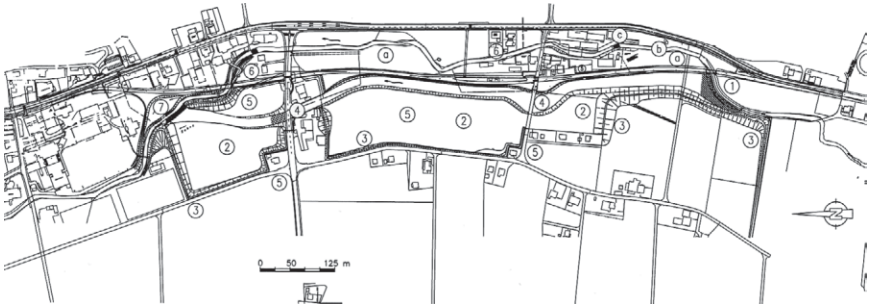


Abb. 4: Bauliche Hochwasserschutzmassnahmen an der Suhre/Muhen, Abschnitt Süd.
Fig. 4: Flood protection measures of Suhre/Muhen, section south.

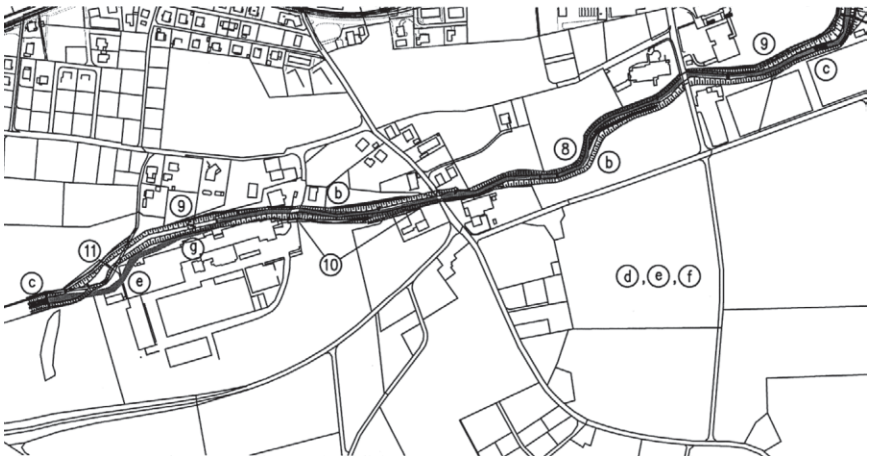


Abb. 5: Bauliche Hochwasserschutzmassnahmen an der Suhre/Muhen, Abschnitt Nord.
Fig. 5: Flood protection measures of Suhre/Muhen, section north.

Ziel der gleichzeitig mit den Hochwasserschutzmassnahmen auszuführenden Renaturierung ist die ökologische Aufwertung des Fließgewässers, sowie die Wiederherstellung des freien Fischaufstiegs. Als ökologische Massnahmen sind eingeplant:

- (a) Zusätzliche Überflutungsgebiete (im Vergleich mit früheren Projekten).
- (b) Rückbau von Ufermauern durch flachere natürliche Böschungen.
- (c) Ersatz der Sohlabstürze durch fischgängige Blockrampen (Vernetzung).
- (d) Einsatz einheimischer und standortgerechter Pflanzen.
- (e) Wiederverwendung des vorhandenen Sohlmaterials.
- (f) Verwendung ingenieurbioologischer Bauweisen so weit möglich und Verbesserung der Lebensverhältnisse für die Wasserlebewesen.
- (g) Rückbau einer Altlast.

ENTLASTUNGSBAUWERK

Ein Entlastungsbauwerk in Form eines in einer Kurve liegenden Streichwehres erzwingt die Trennung des Hochwasserabflusses zwischen natürlicher Suhre und dem Überflutungsgerinne im Landwirtschaftsland. Es ist ein zentraler Teil des Hochwasserschutzkonzeptes und ist aus hydraulischer Sicht theoretisch nicht einwandfrei lösbar. Die Anströmung in der Kurvenaussenseite ist ungleichförmig und eine Trenncharakteristik somit nur ungenau berechenbar. In einem hydraulischen Modellversuch wurden Versuche zur Optimierung der theoretischen Lösung gefahren. Es wurden dabei folgende Ziele verfolgt:

- Ausbildung eines trennscharfen, betriebssicheren und in die Landschaft gut integrierten Bauwerks mit folgender Trenncharakteristik: ab einem Zufluss von ca. 20 - 25 m³/s soll das Streichwehr anspringen und das Wasser in die Überflutungsmulde entlasten. Bei einem Suhreabfluss von 68 m³/s (HQ₁₀₀) sollen maximal 25 m³/s in der heutigen Suhre verbleiben.
- Optimierung der Abmessungen der seitlichen Entlastung.
- Untersuchung des Einflusses von Geschiebe und Geschwemmsel auf die Funktionstüchtigkeit der Entlastung.
- Prüfung von Verbauungsmassnahmen (Kолksicherung, Uferschutz) im Bereich der Entlastung.

Hydraulische Modellversuche

Die hydraulischen Versuche am Entlastungsbauwerk Suhre/Muhen wurden an einem Froude'schen Modell im Massstab 1:30 an der Fachhochschule Aargau durchgeführt (Abb. 6). Die im Modell nachgebildete Flussstrecke ist in der Natur ca. 225 m lang und erstreckt sich von ca. 120 m oberhalb bis ca. 105 m unterhalb des Entlastungsbauwerkes. Zur Untersuchung der Kolkgefahr und von Auflandungen wurde der Gewässerbereich entlang des Streichwehres mit mobiler Sohle ausgeführt.

Die nach dem Projekt eingebaute Flussstrecke der Suhre wurde für Abflüsse unter 20 m³/s kalibriert. Jeweils für 10, 15 und 20 m³/s wurden die Wasserspiegel im Modellabschnitt gemessen und mit den berechneten Werten, basierend auf Staukurvenberechnungen mit geschätzten und kalibrierten Rauigkeitsbeiwerten, verglichen. Mittels Anpassung der Rauigkeit im Modell wurden die Verhältnisse im Modell den Naturverhältnissen angepasst.

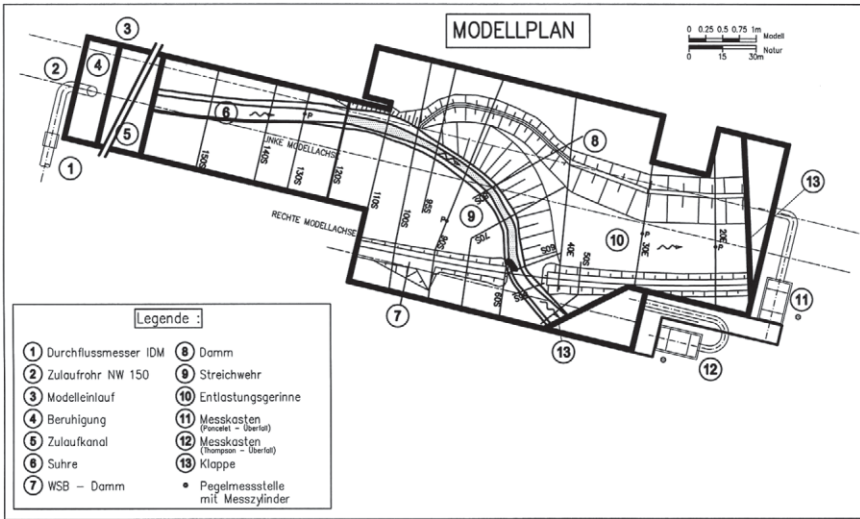


Abb. 6: Hydraulisches Modell im Massstab 1:30

Fig. 6: Hydraulic Model scale 1:30

Ausgehend von der ursprünglichen Projektvariante im Bauprojekt wurde die Trenncharakteristik und die Anströmung des Streichwehres untersucht und optimiert. Die von Versuch zu Versuch getroffenen Verbesserungen sollten die Anströmverhältnisse ausgleichen und das Bauwerk möglichst kurz halten. Für die Bestvariante wurden danach Versuche mit Geschwemmsel und mobiler Sohle mit Geschiebetrieb für die Auflandungs- und Erosionsgefahren und Uferbeanspruchungen gefahren.

Die dabei gesteckten Ziele konnten mit baulichen Änderungen und Massnahmen weitgehend erreicht werden:

- Das Entlastungsbauwerk als seitliches Streichwehr konnte in der Länge um 15 m reduziert werden. Die regelmässige Anströmung (Abb. 7) und die angestrebte Trenncharakteristik (Anspringpunkt bei 20-25 m³/s, max. Suhreabfluss von < 25 m³/s, Abb. 8) ist mit einer Korrektur in der Linienführung, der Anordnung einer Buhne und einer differenzierten Höhenlage des Streichwehres erreicht worden.
- Ab einem Abfluss von ca. 30 m³/s setzt Geschiebetrieb ein. Entlang der Entlastung wurden mit dem vorhandenen Sohlenmaterial maximale Kolke von bis zu 1.2 m gemessen, die max. Auflandungen lagen bei 0.8 m (Abb. 9). Die vorgeschlagene Lösung sieht eine Anreicherung der Sohle mit Grobkomponenten entlang der Entlastung vor. Auflandungen sind immer noch örtlich möglich. Es empfiehlt sich daher, nach grösseren Hochwassern die Auflandungen zu kontrollieren und ev. durch Baggerung zu entfernen oder gezielt ins Unterwasser abzugeben.



Abb. 7: Gleichmäßiges Überströmen des Streichwehres.
 Fig. 7: Regular overtopping of the side spillway.

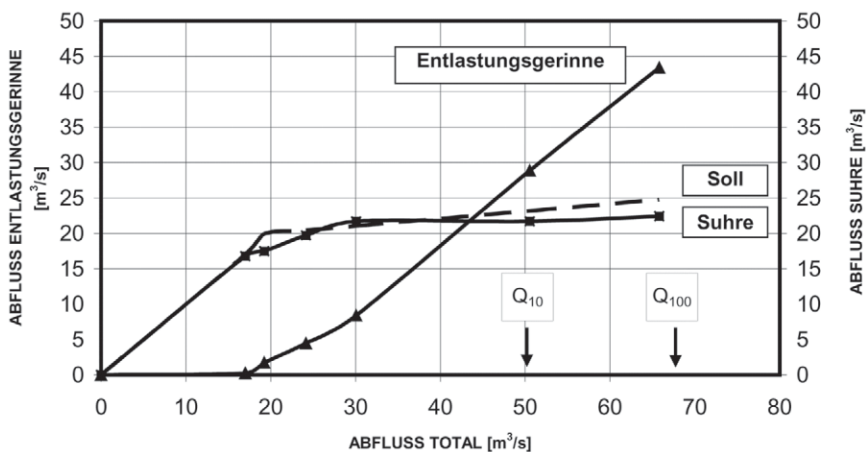


Abb. 8: Trenncharakteristik des Entlastungsbauwerkes nach der Optimierung.
 Fig. 8: Characteristic of the optimized spillway discharge.

- Eine Wiederholung der Abflussmessungen mit der Sohlenlage nach dem Geschiebeversuch zeigt, dass infolge der Auflandungen die Entlastung früher anspringt, dass aber für die grossen Hochwasser keine Mehrbelastung des Suhrelaufes resultiert, d.h. das Restrisiko von zu grossen Abflüssen im heutigen Suhrelauf ist nicht zu erwarten.

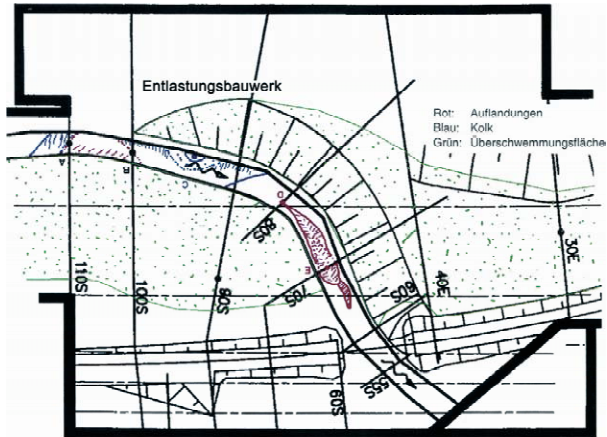


Abb. 9: Kolk und Auflandungen nach einem 100-jährlichen Hochwasser.
Fig. 9: Scour and sedimentation after a 100-year flood event.

- Die Versuche mit Geschwemmsel bewiesen, dass die Entlastungscharakteristik durch das Hängenbleiben von Geschwemmsel auf der Überfallkante beeinflusst wird. Tests mit einem ebenen Rechen zeigten, dass die Rückhaltewirkung für Holz ungenügend ist. Die Anordnung eines V-förmigen Grobrechens vor dem Entlastungsbauwerk kann das Schwemmh Holz besser zurückhalten und erlaubt durch eine einfache Zufahrt auch optimale Unterhaltsarbeiten (Abb. 10).



Abb. 10: Versuch mit einem V-förmigen Grobrechen.
Fig. 10: Tests with a V-formed grill.

REALISIERUNG

Die Bauarbeiten für die rund 2 km lange Hochwasserschutz- und Renaturierungsstrecke in Muhen wird ca. zwei Jahre in Anspruch nehmen. Die vorgesehenen Etappen werden jedoch unterschiedlich lange Bauzeiten verzeichnen. Dieser Umstand ist durch ihre situationsbedingte, baupraktische Unterteilung in verschieden lange Arbeitsbereiche, der Koordination mit den Kunstbauten, sowie durch den Anteil zeitraubender Arbeitsgattungen und allfälliger Schlechtwetter-/ Hochwasserereignisse bei den einzelnen Etappen begründet.

Zur Zeit befinden sich die Hochwasserschutzmassnahmen in der Realisierungsphase. Im Abschnitt Nord werden schrittweise entgegen der Fliessrichtung die Sohle abgetieft und die Ufer renaturiert und flacher ausgebildet (Abb. 11). Im südlichen Teil haben die Erdarbeiten für die Gestaltung des Überflutungsgerinnes begonnen (Abb. 12).



Abb. 11: Ausgebauter und renaturierter Gewässerabschnitt im Abschnitt Nord kurz nach der Fertigstellung.
Fig. 11: Discharge improvement and re-naturalized river sector in section north shortly after construction.



Abb. 12: Erdarbeiten am Entlastungsgerinne im Abschnitt Süd.
Fig. 12: Earth construction work for the flood channel in section south.