JAHRESBERICHT 2006

Versuchsanstalt für Wasserbau,
Hydrologie und Glaziologie
der
Eidgenössischen
Technischen Hochschule Zürich

Direktor: Prof. Dr.-Ing. H.-E. Minor

Adresse:
Gloriastrasse 37-39
8006 Zürich

Postadresse:
ETH Zürich
8092 Zürich

Telefon: +41 44 632 40 91
Telefax: +41 44 632 11 92
e-mail: info@vaw.baug.ethz.ch
Internet: http://www.vaw.ethz.ch

VORWORT

Wir freuen uns, Ihnen unseren Jahresbericht 2006 vorlegen zu können. Er soll wieder die Arbeiten dokumentieren, die im abgelaufenen Jahr an der VAW durchgeführt worden sind. Die Bandbreite der bearbeiteten Projekte ist auch dieses Mal sehr gross und reicht von reiner Grundlagenforschung zu angewandter Forschung, die im Auftrag der Industrie, der Planer oder der Verwaltung durchgeführt werden.

Im Nachgang des Hochwassers vom August 2005 sind wir zur Zeit sehr stark auf dem Gebiet Schutz vor Naturgefahren aktiv, und das wird sich auch noch im laufenden Jahr fortsetzen. Im Bereich Wasserbau/Hydraulik sind es nach wie vor die Probleme im Zusammenhang mit Wasser-Luft-Gemischen, die hochinteressante Fragestellungen aufwerfen.

Eine besondere Erwähnung verdienen die drei Workshops, die wir zu den Themen (1) Flussaufweitungen, (2) Blockrampen und (3) Numerische Modellierung von Naturgefahren veranstaltet haben. Die ersten beiden Workshops waren so angelegt, dass erfahrene Fachleute das Thema in genügender Tiefe diskutieren konnten. Dabei wurden sowohl rein technische, flussbauliche wie auch ökologische Themen behandelt. Die Diskussionen in beiden Workshops waren sehr angeregt, und wir werden eine Zusammenfassung davon gemeinsam mit den Vorträgen in jeweils einem Mitteilungsheft der VAW in diesem Jahr veröffentlichen. Damit meinen wir, den Stand des Wissens dokumentiert zu haben.

Im dritten Workshop wurde das Softwaresystem Basement vorgestellt. Dieses Komposit-Modell erlaubt es, Flussgebiete sowohl eindimensional als auch zweidimensional zu simulieren, wobei die zwei Phasen Wasser und Feststoffe berücksichtigt werden können. Ein 3D-Modul ist in Bearbeitung. Dieses Softwaresystem kann kostenlos vom Netz heruntergeladen oder gegen Erstattung der Druckkosten des umfangreichen Manuals von der VAW bezogen werden. Im Herbst dieses Jahres planen wir den ersten User-Workshop, der einen Erfahrungsaustausch der Anwender initiieren soll und uns Rückmeldungen geben wird, was wir noch verbessern können.

Natürlich finden Sie im vorliegenden Jahresbericht wieder Informationen über die abgeschlossenen Dissertationen, Personelles, die von uns zu verantwortenden Lehrveranstaltungen und über Veröffentlichungen, die von den Mitarbeitenden der VAW im abgelaufenen Jahr fertig gestellt werden konnten.

Die Ergebnisse, die wir mit dem vorliegenden Jahresbericht dokumentieren, wurden von einem hoch motivierten Team erarbeitet, dem ich an dieser Stelle für die geleistete Arbeit danken möchte. Danken möchte ich auch allen, die uns die finanziellen Mittel für unsere Arbeit zur Verfügung stellen und allen Partnern in den Forschungsprojekten oder Aufträgen für die stets vertrauensvolle Zusammenarbeit.

Zürich, im Februar 2007

INHALT

			Seite
1.	Forschung		7
	1.1	Hydraulik	7
	1.2	Konstruktiver Wasserbau	20
	1.3	Flussbau	29
	1.4	Angewandte Numerik	45
	1.5	Glaziologie	53
2.	Lehre		64
	2.1	Professur für Wasserbau und affiliierte Lehraufträge	64
	2.2	Lehraufträge für Glaziologie an der ETHZ	69
	2.3	Master of Advanced Studies MAS in „Water Resources Management and Engineering“ gemeinsam mit dem LCH der EPFL in Lausanne	70
	2.4	Diverses	70
3.	Veranstaltungen		71
	3.1	Workshop „Flussaufweitungen – Möglichkeiten und Grenzen“	71
	3.2	Workshop „Blockrampen – Anforderungen und Bauweisen“	71
	3.3	Workshop „Numerische Modellierung von Naturgefahren mit dem Softwaresystem BASEMENT“	72
	3.4	Weiterbildungskurs „Fluviale Prozesse in der Geomorphologie“, Samedan	73
	3.5	Jahresversammlung GESINUS	74
	3.6	Öffentliche Kolloquien an der VAW	75
	3.7	Seminar für Doktorierende an der VAW	76
4.	Personelles		77
ANHANG			79
A.1		Grundlagenforschung	79
A.2		Angewandte Forschung	80
A.3		Mitarbeit in Kommissionen	84
A.4		Wissenschaftliche Publikationen	85
A.5		Vorträge von Mitarbeitern der VAW	89
A.6		Organigramm der VAW	96

1. Forschung

1.1 Hydraulik

Strömungscharakteristika um Brückenpfeilern

Forschungsprojekt SNF
Projektleiter:
Prof. Dr. W.H. Hager
Doktorand:
J. Unger

An der VAW wurden in den vergangenen Jahren die Kolkprozesse an Brückenpfeilern und Brückenwiderlagern intensiv untersucht. Diese umfassenden Studien wurden nun mit diesem Forschungsprojekt beendet.

Als ein wesentliches Ergebnis konnte das Strömungsfeld um kreiszylindrische, in eine mobile Sedimentsohle eingebettete Brückpfeiler mittels *Particle Image Velocimetry* PIV dargestellt werden. Dabei wurde das Geschwindigkeitsfeld sowohl in horizontalen als auch in vertikalen Schnitten um den Pfeiler aufgenommen. Zusätzlich konnte durch ein kombiniertes Laser-Ultraschallmesssystem die Wasseroberfläche sowie die Kolktopographie halbautomatisch und simultan erfasst werden. Abb. 1 zeigt schematisch die zeitliche Entwicklung des vertikalen Strömungsfelds um einen Brückenpfeiler. Die dabei prinzipiell entstehenden Strukturen konnten in vier Phasen beschrieben werden. Zu Beginn des Prozesses in *Phase* 1 wird die Hauptströmung bei Erreichen des Pfeilers in vertikaler Richtung abgelenkt. Es entsteht ein zweigeteilter Strahl, bestehend aus

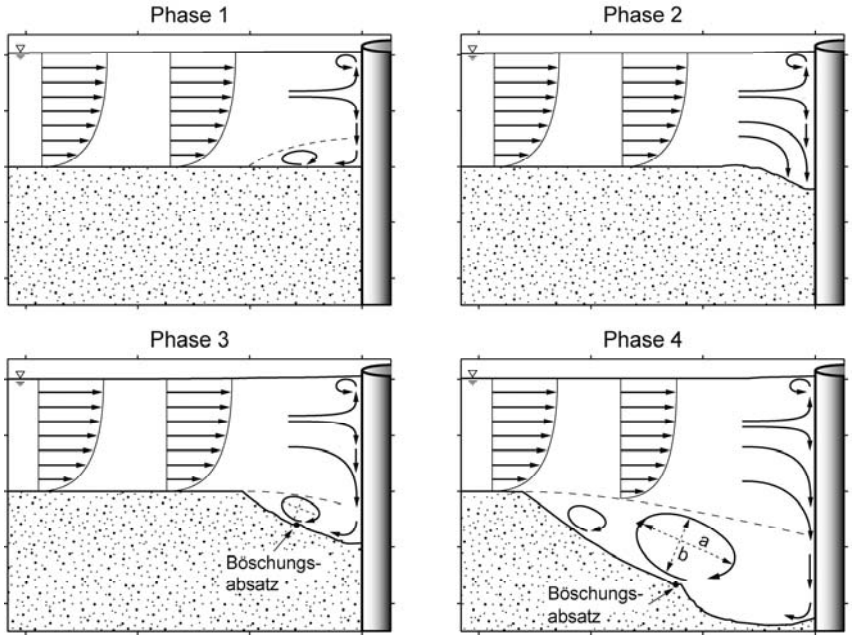


Abb. 1: Zeitliche Entwicklung der prinzipiellen Umströmung eines kreiszylindrischen Brückenpfeilers im vertikalen Schnitt durch die hauptströmungsparallele Pfeilersymmetrieachse.

Aufwärtsstrahl und Tauchstrahl. Dabei entwickelt sich aus dem Aufwärtsstrahl eine Oberflächen-Rezirkulation, während sich der Tauchstrahl an der Sedimentoberfläche zu einem Initialwirbel formiert. Während *Phase* 2, in welcher der Kolk die Pfeilersymmetrieachse erreicht, bleiben alle Strömungsstrukturen mit Ausnahme des Initialwirbels erhalten. Erst nach einer bestimmten Zeit, in der *Phase* 3, entsteht das für die Pfeilerumströmung charakteristische Hufeisenwirbelsystem. Zunächst besteht dieses nur aus einem primären Hauptwirbel, welcher sich im weiteren zeitlichen Verlauf vergrössert, und schliesslich in *Phase* 4 seine charakteristische Form, bestehend aus dem Hauptwirbel und einem oder mehreren Nebenwirbeln annimmt. Dieses in *Phase* 3 entstehende Wirbelsystem indiziert kolkverursachende Sohlschubspannungen und als Folge dessen, wandert die maximale Kolktiefe nach einer gewissen Zeit von den Pfeileraussenseiten zur Pfeilerfront.

In der Abb. 2 werden ferner die dazu korrespondieren horizontalen Strömungsfelder gezeigt. Der Ablösepunkt S verschiebt sich stetig stromab entlang der Pfeilerperipherie. Damit verkleinert sich die Nachlaufwirbelzone ebenfalls, um in *Phase* 4 vollständig zu verschwinden. Die Strömung ist nun an der gesamten Pfeileraussenseite angelegt und ähnelt der *Coanda*-Strömung.

Die hier prinzipiell aufgezeigten Strömungsstrukturen wurden unter Berücksichtigung der beeinflussenden geometrischen und hydraulischen Parameter allgemeingültig quantifiziert und die für den Kolkvorgang ursächlichen Sohlschubspannungen ermittelt. Zusätzlich untersucht dieses Forschungsprojekt den Kolkschutz durch Riprap. Basierend auf hydraulischen Modellversuchen wurden dabei zunächst drei verschiedene Versagensmechanismen evaluiert und anschliessend ein auf dem Shields-Diagramm fundierter Bemessungsvorschlag vorgestellt. Abschliessend gibt die Arbeit einen analytischen und durch ausgewählte Modellversuche validierten Ansatz zur Ermittlung von Pfeilerkolken unter instationären Zuflussbedingungen, wie sie in der Natur beispielsweise durch Flutwellen erzeugt werden.

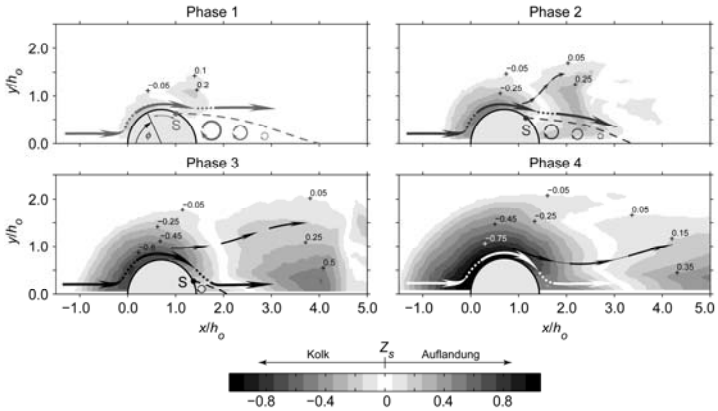


Abb. 2: Zeitliche Entwicklung der prinzipiellen Umströmung sowie der Kolktopographie um einen kreiszylindrischen Brückenpfeiler nahe der momentanen Sedimentoberfläche.

Lufteintrag in Strahlen von Skisprüngen

Projektleiter:
Prof. Dr. W.H. Hager
Diplomand und Sachbearbeiter:
L. Schmocker

Skisprünge dienen im Wasserbau zur Energie-Umwandlung von Hochwasser-Abflüssen. Um diese beruhigt ins Unterwasser zurückzuführen, wird der Strahl in ein Kolkbecken geleitet. Diesem stromab des Damms gelegenen Becken kommt also die Aufgabe zu, den Hochgeschwindigkeitsstrahl schadlos zu beruhigen. In den vergangenen Jahren sind an der VAW verschiedene Studien zur Hydraulik von Kolkbecken durchgeführt worden; die vorliegende Untersuchung hat zum Ziel, die Zufluss-Bedingungen eines Wasserstrahls resultierend aus einem Skisprung genauer zu erfassen. Die Abb. 3 zeigt eine Definitionsskizze des ebenen Skisprungs mit den wesentlichen Parametern, nämlich der Zuflussgeschwindigkeit V_o, der Zuflusswassertiefe h_o, dem Schanzenradius R und dem Umlenkungswinkel β sowie weiteren geometrischen Grössen.

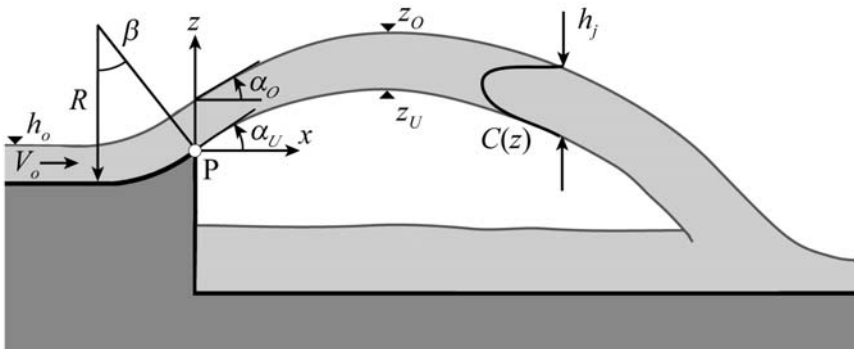


Abb. 3: Definitionsbild des ebenen Skisprungs mit Bezeichnungen.

In einer früheren Laborarbeit wurden die beiden Absprungwinkel α_O und α_U in Abhängigkeit von den erwähnten Parametern analysiert. Beide Winkel sind je nach der Zufluss-Froudezahl $F_o = V_o/(gh_o)^{1/2}$ und der Relativkrümmung h_o/R immer kleiner oder höchstens gleich dem Winkel β. Weiter wurde festgestellt, dass die Strahltrajektorien $z(x)$ Parabeln unter den Anfangswinkeln α_O und α_U entsprechen.

In der vorliegenden Arbeit wurde eine typische Geometrie für den Skisprung gewählt und der Einfluss der Froudezahl F_o und der Wassertiefe h_o auf den Lufteintrag in den Strahl untersucht. Abb. 3 zeigt ebenfalls die typische Konzentrationsverteilung $C(z)$ eines Strahls. Die Strahlbegrenzungen $z_O(x)$ und $z_U(x)$ entsprechen Stellen mit einer Luftkonzentration von C = 0.90, ein übliches Mass in der Hydraulik von Zweiphasen-Abflüssen bestehend aus Wasser und Luft. Weiterhin weist das Konzentrationsprofil einen Minimalwert $C(z=z_m) = C_m$ im Strahlkern auf. Dieser Wert steigt von C_m = 0 im Querschnitt x = 0 bis zum Maximum mit der dimensionslosen Koordinate $X = x \cdot R/(h_o \cdot h_c)^{1/2}$ mit $h_c = [Q^2/(gb^2)]^{1/3}$ als die kritische Tiefe. Dabei ist ein Unterschied zwischen Zuflüssen aus Reinwasser und vorbelüftetem Wasser-Luftgemisch feststellbar.

Die mittlere Luftkonzentration im Strahl lässt sich ebenfalls durch einen auf die mittlere Zufluss-Luftkonzentration normierten Wert nur in Abhängigkeit von *X* darstellen. Weiter ist die Abnahme der mittleren Strahl-Geschwindigkeit im Nahbereich des Skisprungs linear. Schliesslich werden verallgemeinerte Konzentrationsprofile erarbeitet, die auf die obere und untere Strahltrajektorie und auf die minimale Luftkonzentration normiert sind. Mittels diesen Resultaten lässt sich der örtliche Verlauf der Luftkonzentration in einem komplexen, gravitationsbeeinflussten Strahl demnach annähern. Zur Illustration der durchgeführten Modellversuche zeigt Abb. 4 die Seitenansicht eines typischen Skisprungstrahls.

Abb. 4: Seitenansicht eines Skisprungstrahls mit F_o = 8.

Impulswellen: Einflüsse des Hangwinkels und der Granulometrie

Projektleiter:
Prof. Dr. W.H. Hager
Doktorand:
V. Heller

Für die Schweizer Alpen sind rutscherzeugte Impulswellen relevant. Sie werden durch Erdrutsche und Uferinstabilitäten, Fels- und Bergstürze sowie Gletscherabbrüche und Schneelawinen erzeugt, welche in einen Wasserkörper stürzen. Das enorme Gefahrenpotential der so erzeugten Wasserwelle zeigte sich auf eindrückliche Weise 1963 in *Vajont*, Norditalien. Damals rutschte eine Felsmasse in einen Stausee, und das verdrängte Wasservolumen überströmte die Bogenstaumauer. Rund 2000 Unterlieger mussten in den Fluten ihr Leben lassen. Solchen Ereignissen kann man durch passive Massnahmen begegnen wie der Seespiegelabsenkung in künstlichen Stauseen oder Evakuierungen. Um angemessen zu reagieren, wird das Phänomen der rutscherzeugten Impulswelle sowohl genauer erforscht als auch Bemessungsdiagramme beispielsweise für die maximale Wellenhöhe in Funktion der vorgängig abschätzbaren Einflussgrössen erarbeitet.

Die sieben wichtigsten Einflussgrössen auf die Impulswellen-Entstehung können in der VAW-Versuchsanlage variiert werden. Es sind dies die Rutscheintauchgeschwindigkeit, die Ruhewassertiefe, die Rutschmächtigkeit, das Rutschvolumen, die Rutschdichte, der Hangwinkel und die Kornzusammensetzung. Im vorliegenden Projekt sind die Einflüsse der letzten zwei Parameter analysiert worden, während die anderen in vorgängigen VAW-Forschungsprojekten betrachtet wurden. Abb. 5 zeigt die

vier verschiedenen Wellentypen, welche bei unterschiedlichen Einflussgrössen entstehen.

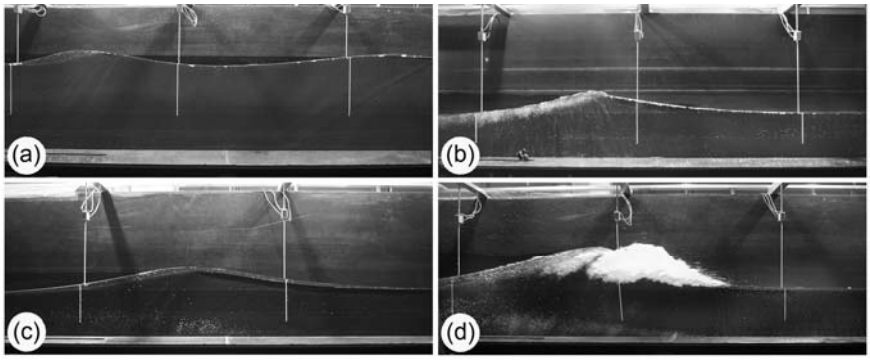


Abb. 5: Wellentypen im Wellenkanal (a) Stokeswelle, (b) Cnoidalwelle, (c) Solitärwelle und (d) Bore.

Im vergangenen Jahr galt das Hauptaugenmerk dem Einfluss der Kornzusammensetzung eines Rutsches auf die Impulswelle. Dazu wurden Granulate mit Korndurchmessern von 2, 4 und 8 mm sowohl uniform als auch in verschiedenen Mischungen untersucht. Zudem wurden mittels-Modellfamilien das Modellgesetz nach Froude verifiziert und die Anwendungsgrenzen ermittelt. Nach Abschluss der Experimente konnten Bemessungsdiagramme für die Wellenhöhen, die Wellengeschwindigkeiten und die verschiedenen Wellentypen dargestellt werden (Abb. 5).

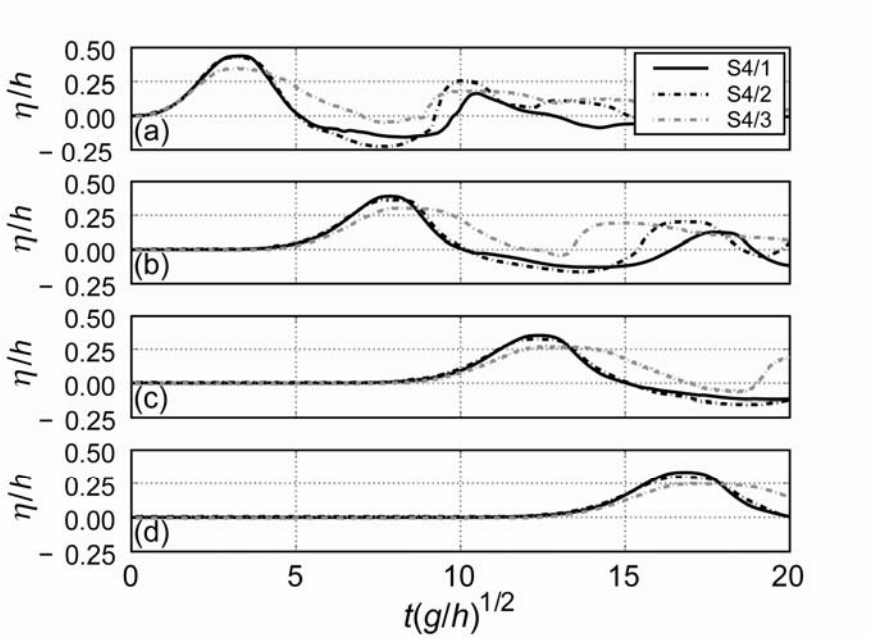


Abb. 6: Normierte Wasserauslenkung η/h aus der Ruhewassertiefe in Funktion der relativen Zeit $t(g/h)^{1/2}$ an verschiedenen Messstellen (a)-(d) für drei verschiedene Modellmassstäbe bei den Versuchen S4/1-S4/3.

Die Kornzusammensetzung hat einen vernachlässigbaren Einfluss auf die Resultate. Massstabseffekte folgen durch die Verzerrung der Messresultate im hydraulischen Modell gegenüber dem Naturzustand infolge von Zusatzkräften. Diese Massstabseffekte lassen sich mit einer Modellfamilie ermitteln. Abb. 6 zeigt das Verhältnis von Wasserspiegel-Auslenkung und Ruhewassertiefe η/h in Funktion der relativen Zeit $t(g/h)^{1/2}$ für eine Modellfamilie bestehend aus den drei Versuchen S4/1, S4/2 und S4/3. Dabei sind die Profile an verschiedenen Positionen im Wellenkanal aufgenommen, nämlich (a) nahe der Eintauchstelle und (d) für S4/1 bei 7.53°m, für S4/2 bei 3.77 m und für S4/3 bei 1.88 m. Der Versuch S4/1 besitzt mit einer Ruhewassertiefe von h = 400 mm die grössten Abmessungen und dient daher als Referenz. Der Versuch S4/2 mit h = 200 mm folgt der massgebenden ersten Wellenauslenkung gut, während der Wellenspiegel von Versuch S4/3 mit h = 100 mm jedoch als Folge von Massstabseffekten deutlich tiefer liegt. Mittels solchen Modellfamilien konnte eine Grenz-Ruhewassertiefe von $h_{Gr} \geq 200$ mm definiert werden, bei welcher die Massstabseffekte bezogen auf das Maximum der ersten Wasserauslenkung weniger als 2% ausmachen.

Abflussstrukturen unterstrom von Schussrinnen-Belüftern

Forschungsprojekt SNF
Projektleiter:
Prof. Dr. W.H. Hager
Doktorand:
M. Pfister

Kavitationsschäden an Hochwasserentlastungen lassen sich mittels Sohlbelüftung unterdrücken. Der heute gängige Schussrinnen-Belüfter besteht aus einem Deflektor kombiniert mit einer Stufe. Häufig wird die Wirksamkeit solcher Belüfter durch das Verhältnis von eingetragener Luft zum Wasserabfluss angegeben. Allerdings sagt dieser Wert wenig über die Luftverteilung im Abfluss unterstrom des Belüfters aus. Da Kavitationsschäden immer an einer Schussrinnen-Berandung entsteht, wäre die Kenntnis der lokalen Sohl-Luftkonzentrationen von Bedeutung. Weiter ist bis heute unklar, wie die Luftkonzentration stromab eines Belüfters von dessen Geometrie abhängt. Mit der vorliegenden Dissertation wird versucht, diese Wissenslücken zu schliessen.

Am hydraulischen Modell wurden mittels eines fiberoptischen Messsystems lokale Luftkonzentrationen gemessen. Es wurden sowohl *geometrische* Parameter wie die Rinnenneigung, die Stufenhöhe und die Deflektorgeometrie als auch *hydraulische* Grössen wie die Geschwindigkeit und die Wassertiefe im Zufluss systematisch variiert. Inzwischen sind über 100 Versuche durchgeführt worden, was dem grössten Teil des Testprogramms entspricht.

Abb. 7 zeigt den Abfluss stromab von einem Schussrinnen-Belüfter. Entlang des Wurfstrahls wird die Wasseroberfläche allmählich weiss, da sich der luftfreie (schwarze) Strahlkern verkleinert. Kurz vor dem Auftreffpunkt auf die Rinnensohle ist der Abfluss praktisch weiss, was auf einen hohen Luftgehalt im Strahl-Auftreffbereich schliessen lässt. Unterstrom des

Auftreffpunkts wird der Abfluss jedoch grau, verursacht durch eine beträchtliche Entlüftung. Die erwähnte hohe Sohl-Luftkonzentration im Strahl-Auftreffbereich wird demnach unterstrom infolge der Strahlkompression und des hohen Turbulenzgrades deutlich verringert. Dadurch nimmt die schützende Wirkung der Luftblasen gegen Kavitationsschäden mit zunehmender Distanz vom Belüfters ab.

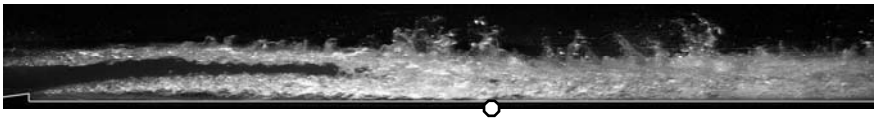


Abb. 7: Belüfter mit Reinwasser-Zufluss (links), Bildung des Gemischstrahls, Strahl-Auftreffpunkt (o) und Wasser-Luft Abfluss unterstrom (rechts).

Diese Abnahme der Sohl-Luftkonzentration C_b ist messtechnisch quantifiziert worden. Sie beträgt nach einer Distanz von $L_{10} = 1.25 \cdot L$ bloss noch 10% Abb. 8 (a), mit der Sprunglänge L als Distanz zwischen Deflektorabsprung und dem Strahl-Auftreffpunkt. Dieses Resultat gilt für beide bisher vermessenen Schussrinnen-Längswinkel von 30° und 50°. Unterstrom davon nimmt die Luftkonzentration entlang der Sohle weiter ab. In Abb. 8 (b) ist die Sohlluftkonzentration C_b von x/L_{10} für alle durchgeführten Versuche dargestellt, mit x als Laufkoordinate ab dem Belüfter. Im günstigsten Fall ist dabei C_b>1% entlang einer Stecke von maximal $5 \cdot L$. Weiter stromab liegt die Sohl-Luftkonzentration unter dem empfohlenen Minimal-Wert von C_b>1% zur Vermeidung von Kavitationsschäden.

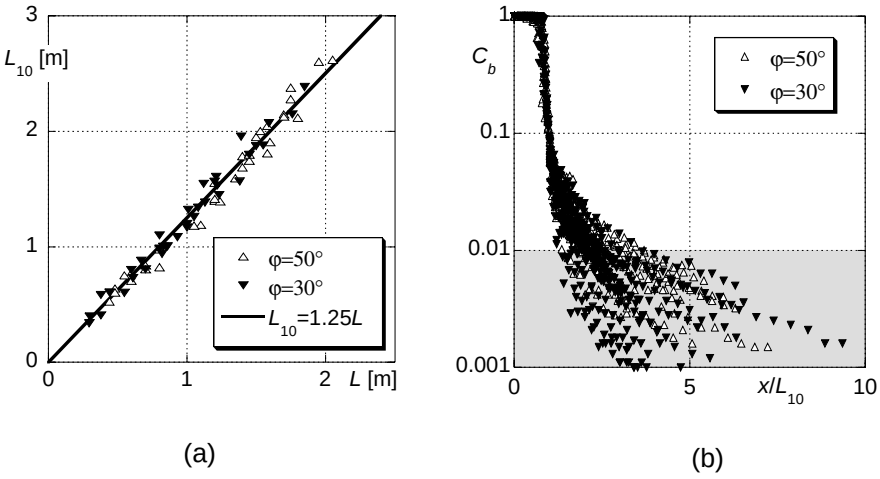


Abb. 8: (a) Länge L_{10} bis zum Erreichen einer Sohl-Luftkonzentration von C_b°=°10% als Funktion der Sprunglänge L, (b) Sohl-Luftkonzentration $C_b(x/L_{10})$, *grau*: kavitationsgefährdeter Bereich.

Hydraulik von Treppenschussrinnen

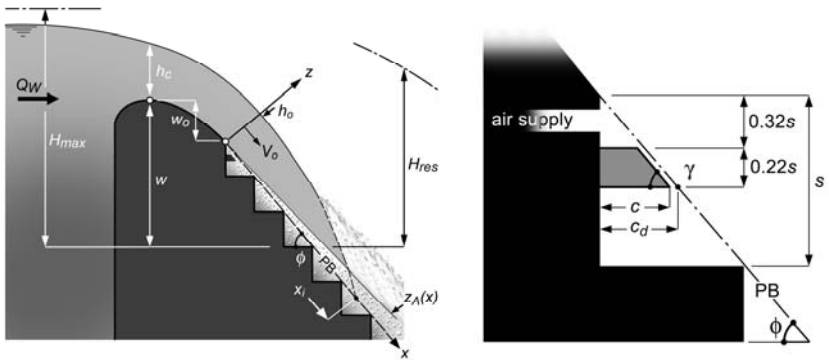
Forschungsprojekt VAW
Projektleiter:
Prof. Dr. W.H. Hager
Sachbearbeiter:
M. Pfister

Das neue Projekt zu Treppenschussrinnen betraf zwei Aspekte, nämlich (1) die Vorbelüftung des Abflusses mittels eines überarbeiteten *Stufenbelüfters* und (2) die Reduktion von *Spray*.

Für konventionelle Treppenschussrinnen erreicht die von der Krone ausgehende Grenzschicht durchflussbedingt die Wasseroberfläche nach einer beträchtlichen Fliessstrecke; von dort stromab stellt sich Oberflächenbelüftung ein, welche den Pseudoboden PB an der Stelle x_i erreicht. Der Bereich $0 \leq x \leq x_i$ bleibt demnach für grosse spezifische Durchflüsse kavitationsgefährdet, da dort Schwarzwasser-Abfluss herrscht.

Abb. 9 (a) zeigt eine generelle Definitionsskizze zur Treppenschussrinne mit einem *Stufenbelüfter* an der ersten vertikalen Treppenfläche. Dessen Gestalt ist am Modell optimiert worden, siehe Abb. 9 (b). Vom Koordinatenursprung $x = 0$ breitet sich eine Luftgrenzschicht längs den Treppenkanten in den Abfluss aus und führt damit zur *Bodenbelüftung*. Diese wird durch den kleinen Unterdruck in den Treppennischen aufrechterhalten.

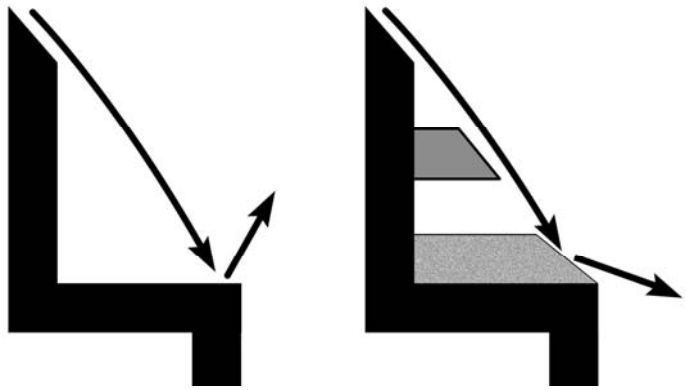
Die Untersuchungen betrafen die optimale Formgebung des Stufenbelüfters, die Entwicklung der Konzentrationsverteilung längs der Treppenschussrinne, ein allgemeines Konzentrationsprofil, die maximale Sohl-Luftkonzentration und deren Lage über dem Pseudoboden, die durch den Belüfter eingetragene Luft und die Beeinflussung der Energiedissipation durch den Stufenbelüfter. Es wurde festgestellt, dass der Stufenbelüfter die Hydraulik einer Treppenschussrinne nur marginal betrifft, sodass die heute für das standardmässige Bauwerk bekannten Bemessungsgrössen mit Ausnahme der Boden-Luftgrenzschicht gelten. Der kleine Unterschied in der Luftkonzentration im Sohlbereich der Treppenschussrinne erlaubt deshalb eine namhafte Steigerung des spezifischen Durchflusses.



(a) (b)

Abb. 9: (a) Definitionsskizze zur vorbelüfteten Treppenschussrinne und (b) Detailansicht des optimierten Stufenbelüfters.

Spray auf Treppenschussrinnen führt zur übermässigen Gemischtiefe bei kleinen Durchflüssen während der Start- und Abstellphase. Abb. 10 (a) zeigt den Grund dafür: Bei kleinen Durchflüssen fällt der dünne Zuflussstrahl unterstrom des Standardprofils auf die erste horizontale Treppenfläche und wird von dort infolge des grossen Aufprallwinkels reflektiert. Durch abgeschrägte Stufenkanten mit einem Winkel leicht kleiner als jener des Pseudobodens wird dieses Phänomen nachhaltig reduziert Abb. 10 (b).



(a) (b)

Abb. 10: Schema zur Sprayentwicklung auf Treppenschussrinnen bei (a) konventioneller und (b) verbesserter Treppengeometrie.

Abb. 11 zeigt die Sprayhöhe bei einer konventionellen Treppengeometrie, welche weit über der maximalen Gemischtiefe liegen kann und demnach eine Erhöhung der Seitenwände bedingt. Durch abgeschrägte Treppenkanten lässt sich diese Spraydicke nachhaltig reduzieren. Die Sprayprofile wurden mittels einer neuartigen optischen Methode vermessen, was zu verallgemeinerten Sprayprofilen führte. Die maximale Sprayhöhe nimmt mit zunehmender kritischer Wassertiefe und kleinerer Stufenhöhe ab. Es wurde festgestellt, dass mittels mindestens drei abgeschrägten Treppen vom Anfangsquerschnitt her Spray praktisch unterdrückt wird.

Abb. 11: Abfluss auf einer Treppenschussrinne mit Sprayentwicklung bei kleinem Durchfluss. Das Bild wurde dabei auf die Horizontale gedreht.

Räumlicher Strahlkolk im Wasserbau

Gemeinsames Projekt Prof. Dr. W.H. Hager, VAW und Prof. Dr. S. Pagliara, Università di Pisa, Italien

In Zusammenarbeit mit der *Università di Pisa* wurde weiterhin am Projekt Strahlkolk gearbeitet. Nachdem in den Vorjahren zweidimensionale Kolkversuche durchgeführt wurden, ging es um die Erweiterung dieser Resultate auf den räumlichen Fall. Als wesentlicher Parameter wurde dabei das Verhältnis $\lambda = B_m/B$ erkannt mit B_m als maximale Kolklochbreite und B als die Kanalbreite oder die Breite der Aufprallzone. Abb. 12 zeigt die Definitionsskizze.

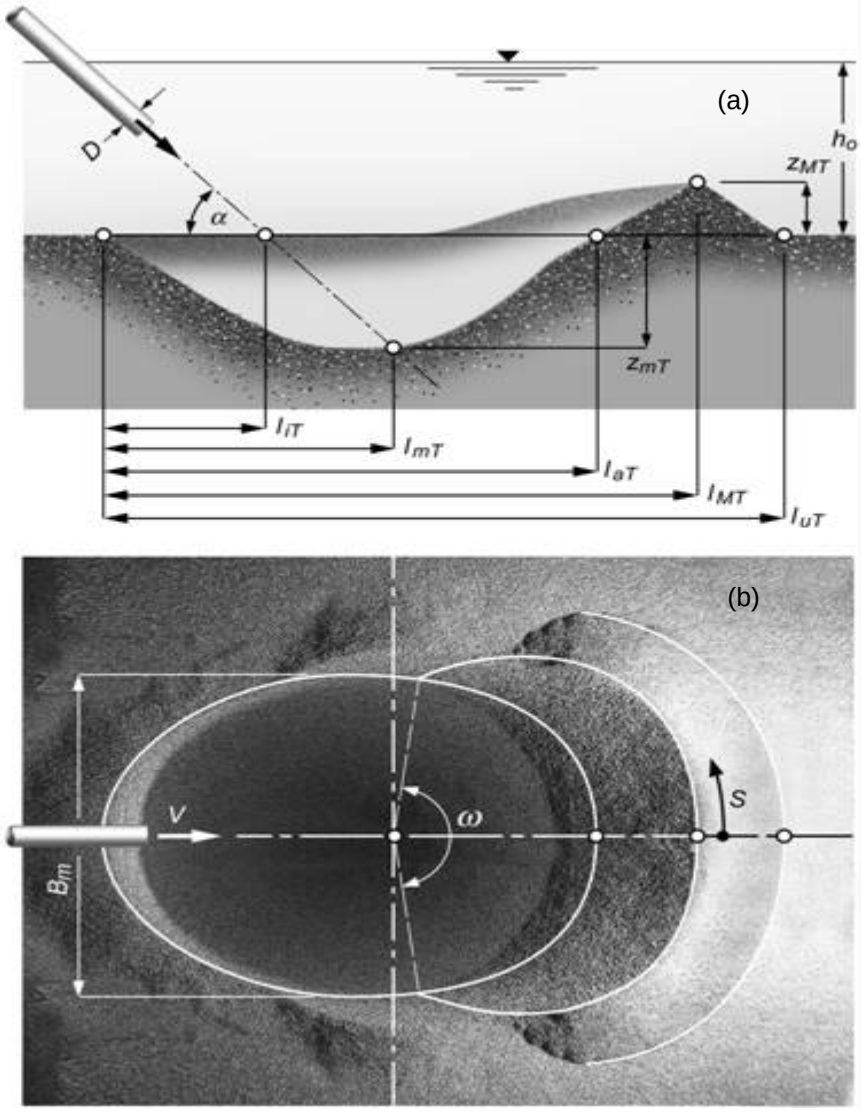


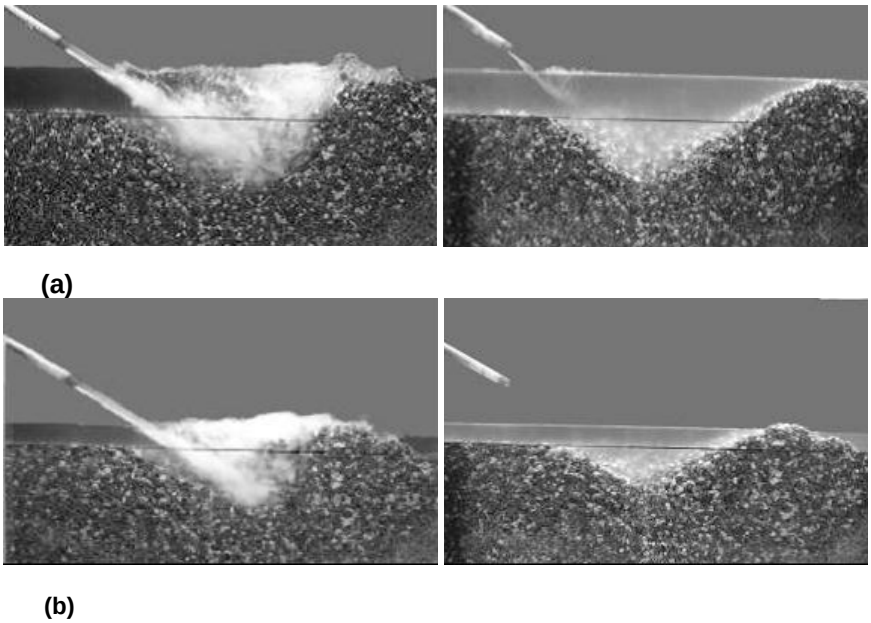
Abb. 12: Definitionsskizze des räumlichen Kolklochs (a) Seitenansicht, (b) Grundriss mit Bezeichnungen.

Die Experimente betrafen Strahlwinkel $\alpha = 30°$, 45° und 60°, der Einstauparameter $T = h_o/D$ variierte zwischen 0.80 und 10. Die Kolklochprofile

wurden zu verschiedenen Zeiten sowie am Versuchsende aufgenommen.

Das verwendete Sediment war nahezu uniform und hatte einen mittleren Durchmesser von d_{50} = 10 mm. Da verschiedene Einflüsse auf das Kolkphänomen durch früher durchgeführte Kolkprojekte als bekannt vorausgesetzt wurden, ist in der vorliegenden Studie ausschliesslich der räumliche (Index *T*) Einfluss auf den Kolkprozess analysiert worden.

Von speziellem Interesse ist dabei die maximale Kolktiefe z_{mT}; im ebenen Kolkloch variiert sie insbesondere mit (1) der densimetrischen Froudezahl $F_{d90} = V/(g'd_{90})^{1/2}$ mit V als Zufluss-Geschwindigkeit, $g' = [(\rho_s-\rho)/\rho]g$ als reduzierter Erdbeschleunigung mit ρ_s als Sedimentdichte und ρ als Flüssigkeitsdichte sowie d_{90} als massgebender Sedimentdurchmesser, (2) dem Strahlwinkel α, (3) dem Luftzuflussanteil $\beta = Q_A/Q$, (4) dem Einstaufaktor $T = h_o/D$, (5) der Sedimentuniformität $\sigma = (d_{84}/d_{16})^{1/2}$ und (6) einem eventuellen Durchfluss im Zuflusskanal. Für räumliche Kolke mit $\lambda < 1.5$ ergeben sich gegenüber dem ebenen Fall drei Zusatzterme infolge der Parameter λ, α und T. Weitere Untersuchungen betrafen die Kolklochbreite, verschiedene Kolklochabmessungen nach Abb. 12, das Kolkvolumen und die maximale Depositionshöhe z_{MT}. Es wurde wiederum auf den wesentlichen Unterschied zwischen dynamischer und statischer Kolklochtiefe nach Beendigung eines Versuchs hingewiesen Abb.13.



(a)

(b)

Abb.13: Vergleich zwischen dynamischem (links) und statischem (rechts) Kolkloch für α = 30° und T = (a) 5 und (b) 3. Man beachte den grossen Suspensionsanteil während der dynamischen Kolkphase.

Zeitlicher Verlauf des Strahlkolks

Gemeinsames Projekt Prof. Dr. W.H. Hager, VAW und Prof. Dr. S. Pagliara, Università di Pisa, Italien

Wie bereits in der vorangegangene Studie wurde auch hier das Strahlkolkphänomen weiter untersucht. Während bis heute angenommen wird, dass dieser Prozess unweigerlich zu einem ‚Endkolk' führt, also innert genügender Zeit sich im Kolkloch keine zeitlichen Veränderungen mehr einstellen, ist der eigentliche Entwicklungsprozess kaum untersucht worden. Es war evident, dass eine verbesserte Beobachtungsmethode der Kolkprofile erforderlich war. Deshalb sind systematische Versuche mit einem neuartigen optischen Verfahren durchgeführt worden.

Abb. 14 zeigt eine Seitenansicht des Kolkprofils $z(x)$ infolge eines Kreisstrahls. Die meisten Parameter sind im vorangehenden Projekt definiert. Wiederum auf Grund der bereits bestehenden Kenntnisse wurden die Versuche auch hier lediglich mit einem fast uniformen Sediment, charakterisiert durch d_{50} = 0.00115 m und $\sigma = (d_{84}/d_{16})^{1/2}$ = 1.15, durchgeführt. Das experimentelle Programm umfasste insgesamt 54 Versuche mit sowohl zwei- als auch drei-dimensionalen Kolken. Es wurden dabei eingestaute und nicht-eingestaute Strahlen betrachtet; der Unterschied zwischen diesen beiden stellte sich jedoch als gering heraus.

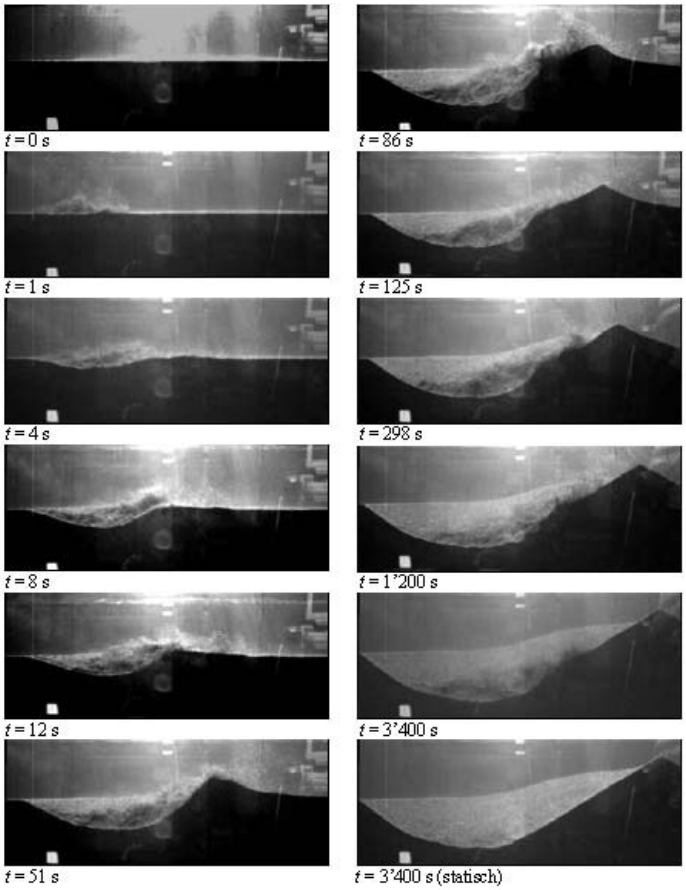


Abb. 14: Test T8A30S mit F_{d90} = 33, α = 30° und eingestautem Strahl: Kolkfortschritt von t = 0 bis 3,400 s.

Kolke lassen sich unter bestimmten Bedingungen mittels des Ähnlichkeitsgesetzes von Froude nachbilden. Dazu werden insbesondere ein minimaler Sedimentdurchmesser von etwa d_{50} = 1 mm sowie minimale Reynoldszahlen der Zuflussströmung gefordert. Der Zeitmassstab eines solchen Kolkversuchs hängt dann von der relativen Erdbeschleunigung $g'° = [(\rho_s - \rho)/\rho]g$ mit ρ_s als Sediment- und ρ als Flüssigkeits-Dichte, dem massgebenden Sediment-Durchmesser d_{90} und dem Strahldurchmesser D ab. Als Relativzeit ergibt sich der Ausdruck $\tau = (g' d_{90})^{1/2} \cdot t/D$ mit t als Zeit.

Es wurde während den Versuchen festgestellt, dass sich ein Strahlkolkprozess unterteilen lässt in die *Entwicklungsphase*, während derer sich das eigentliche Kolkloch ausbildet und in die *entwickelte Kolklochphase*, während derer sich asymptotisch der Endkolkzustand einstellt. Der Übergang zwischen diesen beiden Phasen wird bei einer Zeit von rund τ = 15'000 erreicht. Um die Vielzahl der am Kolkprozess beteiligten Parameter immerhin näherungsweise in das Verfahren einzubinden, wurden zu dieser Zeit alle früher ermittelten Beziehungen als gültig angenommen und nur noch deren Differenzen mit den Messwerten verfolgt. Damit liessen sich die wesentlich am Kolkprozess beteiligten Parameter zeitlich ermitteln. Dabei wurde festgestellt, dass der Strahlwinkel einen grossen Einfluss auf die zeitliche Entwicklung ausübt. Weiterhin schreitet während beiden Entwicklungsphasen der Kolkvorgang logarithmisch voran. Da die resultierenden Gleichungen aus Versuchsresultaten abgeleitet wurden, sind sie auf die Versuchsbedingungen begrenzt.

1.2 Konstruktiver Wasserbau

Entlüftung von Drucksystemen

Forschungsprojekt:
Swiss*electric* research und VAW
Projektleiter:
Prof. Dr. H.-E. Minor
Doktorand:
M. Wickenhäuser

Ungewollt in Drucksysteme von Wasserkraftanlagen gelangte Luft kann sich negativ auf die hydraulischen Vorgänge und damit auch auf die gesamte wasserbauliche Anlage auswirken. Ziel ist es daher, mit baulichen Massnahmen die eingeschlossene Luft aus dem System auszutragen. Solche Entlüftungssysteme bestehen in der Regel aus einem Dom an der Firste des Stollens und einem Steigrohr, welches die Luft abführt.

Aufgrund ungenügender Kenntnisse über die Strömungsprozesse in Dom und Steigrohr fehlen Bemessungsansätze zur Dimensionierung solcher Entlüftungseinrichtungen. Im Rahmen dieser Forschungsarbeit wurde ein hydraulisches Modell erstellt, welches das Nahfeld von Entlüftungseinrichtungen nachbildet (Abb. 15). Mit Hilfe von Modellversuchen sollen die Zusammenhänge der massgebenden Parameter verstanden und beschrieben werden. Die notwendigen Abmessungen der Entlüfterkammer und des Steigrohrs hängen im Wesentlichen vom Wasserdurchfluss, Luftdurchfluss und der Neigung des Stollens ab.

Folgende Fragen sollen dabei beantwortet werden:

- Wie gelangt die Luft in die Anlagenbereiche mit zeitweiliger oder permanenter Vollfüllung, und von welchen Luftanteilen ist auszugehen?
- Wie bewegt sich die Luft im System?
- Welche Parameter sind für eine effiziente Entlüftung massgebend, bzw. wo liegen die Grenzen einer möglichen Entlüftung?
- Wie ist der Dom zwischen Stollenscheitel und aufsteigendem Entlüftungsrohr auszubilden?
- Wie verhält sich die entweichende Luft im Steigrohr?
- Wie wirken sich die dynamischen Strömungsprozesse im Steigrohr auf die Strömung im Hauptstollen aus?

In einer ersten Messreihe werden die mittlere Luft- und die Blasengeschwindigkeit sowie die sich einstellenden Wasserspiegelschwankungen im Entlüftungsrohr in Abhängigkeit des Luft- und Wasserdurchflusses untersucht. Der Einfluss des Durchmessers des Steigrohrs auf die Strömungsprozesse wird in einem Detailmodell erforscht (Abb. 16).

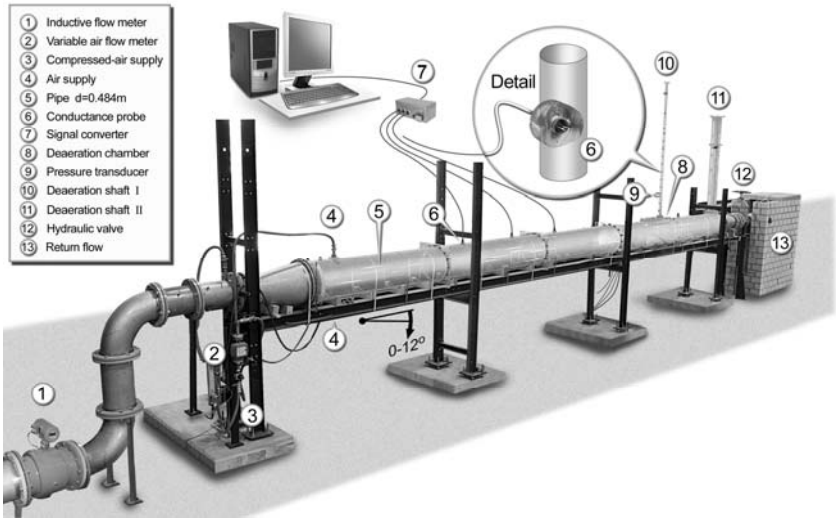


Abb. 15: Physikalisches Modell zur Untersuchung von Entlüftungseinrichtungen von Drucksystemen.

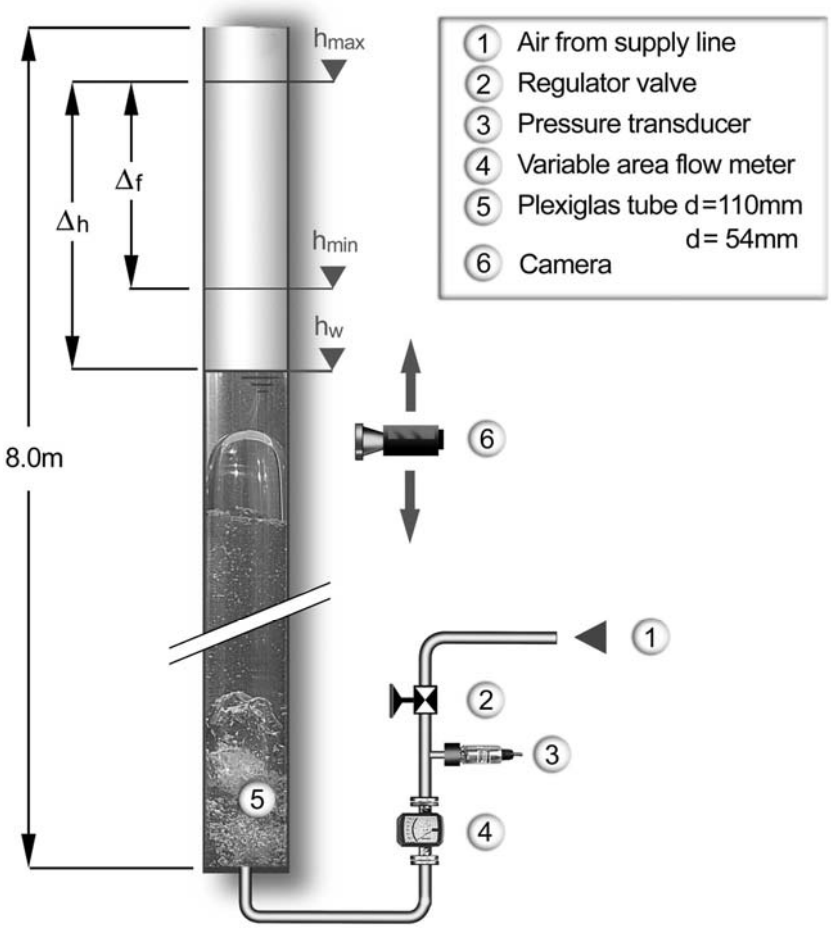


Abb. 16: (a) Detailmodell zur Untersuchung des Einflusses des Steigrohr-Durchmessers auf die Strömungsprozesse, (b) mögliche Strömungsmuster in Entlüfterrohren.

Kraftwerksbedingter Schwall und Sunk – Eine Standortbestimmung

Auftrag:
SWV/Swiss*electric*
Projektleiter:
Prof. Dr. H.-E. Minor
Sachbearbeiter:
G. Möller
Zusammenarbeit:
LCH, EPFL

Der Schweizerische Wasserwirtschaftsverband beauftragte im Namen einer begleitenden Arbeitsgruppe aus Vertretern von Swisselectric die VAW und das LCH (EPFL) mit einer Standortbestimmung bezüglich Schwall und Sunk in den Einzugsgebieten der grossen Alpenflüsse der Schweiz. Mit Schwall und Sunk werden hier Abflussschwankungen, ausgelöst durch den intermittierenden Betrieb von Speicherkraftwerken infolge der stark schwankenden Stromnachfrage, bezeichnet.

In der Studie wurden in einer ersten Phase die massgebenden Schwall und Sunk Parameter der einzelnen Einzugsgebiete systematisch berechnet und anschliessend miteinander verglichen. Um allfällige Veränderungen zu erkennen, wurden die letzten 30 Jahre detailliert analysiert. Auf dieser Grundlage wurde in einer zweiten Phase eine mögliche Dämpfung der Abflussschwankungen durch bauliche Massnahmen untersucht.

Ausgewählt wurden die Einzugsgebiete Rhone bis zum Genfersee, Maggia bis zum Lago Maggiore, Aare bis zum Brienzersee, Reuss bis zum Vierwaldstättersee, Ticino bis zum Lago Maggiore, Alpenrhein inklusive der ILL bis zum Bodensee und Inn bis Martina. Von 14 Messstellen der Landeshydrologie wurden Abflussdaten als Stundenmittelwerte im Zeitraum von 1974-2004 und zum Teil darüber hinaus analysiert. Dabei richtete sich das Augenmerk auf die Wintermonate Dezember, Januar und Februar. In dieser Zeit ist die Ausprägung aufgrund des geringen Basisabflusses wesentlich stärker.

Zur hydraulischen Beschreibung des Schwall und Sunk wurden Kenngrössen, unter Berücksichtigung der vorhandenen Literatur, definiert. Es zeigt sich, dass kleine bis mittelgrosse Flüsse bzw. Flussabschnitte generell deutlich höhere Schwall/Sunk-Verhältnisse aufweisen. Ebenso sind bei diesen Gewässern die jährlichen Schwankungen der Kenngrössen, hydrologisch bedingt, ausgeprägter. An Messstellen mit grossen Einzugsgebieten, wie z. B. Alpenrhein-Diepoldsau und Rhone-Porte du Scex, liegt der Basisabfluss in der Grössenordnung der kraftwerksbedingten Abflussschwankungen. Daraus resultiert ein deutlich kleineres Schwall/Sunk-Verhältnis. Die relative Schwall/Sunk-Differenz, welche auch den mittleren Abfluss berücksichtigt, ist in grossen Einzugsgebieten ebenfalls kleiner. Durch eine Überlagerung der kraftwerksbedingten Abflussschwankungen mehrerer Zentralen in grossen Einzugsgebieten nehmen das Schwall/Sunk-Verhältnis und die relative Schwall/Sunk-Differenz tendenziell ab. In kleineren Einzugsgebieten sind die Schwall/Sunk-Erscheinungen sehr viel stärker ausgeprägt. Die Kenngrössen des Schwall und Sunk weisen an keiner untersuchten Messstelle kontinuierliche Veränderungen innerhalb der letzten 30 Jahre auf. Jedoch ist deutlich der Ausbau oder Umbau mehrerer Kraftwerke an einem sprunghaften Anstieg der Parameter zu erkennen. Als Massnahmen zur Schwallreduktion stehen betriebliche und bauliche Massnahmen zur

Verfügung. Wie in einer früheren Studie gezeigt werden konnte, sind Reregulierungsbecken wirtschaftlicher als betriebliche Massnahmen.

Reregulierungsbecken unterhalb von Zentralen speichern turbiniertes Wasser und geben dieses in Zeiten von Turbinenstillstand in den Fluss ab. Damit wird eine Abflachung der Abflussganglinie, siehe Abb. 17, erreicht. Zur Berechnung notwendiger Beckenvolumen wurde ein Schwall/Sunk-Verhältnis zu Grunde gelegt, welches in 95 % aller Tage eingehalten ist. Es wurden die Volumen für eine Bandbreite des Schwall/Sunk-Verhältnisses von 5:1, 4:1, 3:1, 2:1 berechnet. Es hat sich gezeigt, dass die Wahl der Periode, in dem ein Verhältnis eingehalten werden muss, sich entscheidend auf die Grösse der resultierenden Beckenvolumen auswirkt. Es wurden drei Zeiträume untersucht, in denen das Schwall/Sunk-Verhältnis konstant gehalten wurde und ein Ausgleich zwischen dem gespeicherten und dem abgegebenen Wasser durchgeführt wurde. Dabei steigen die notwendigen Volumen zwischen dem Tages-, Wochen- und 3-Monatsausgleich jeweils um eine Grössenordnung an.

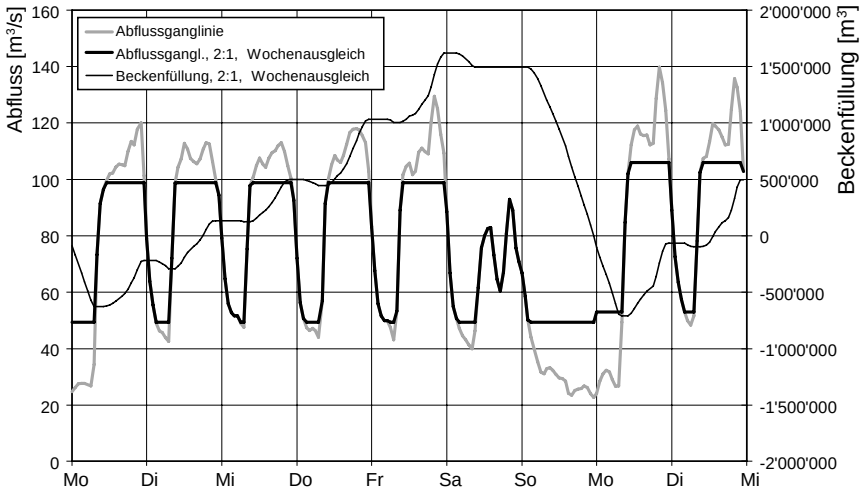


Abb. 17: Dargestellt ist eine Abflussganglinie (grau) und die Ganglinie (schwarz) unter Einhaltung des Schwall/Sunk-Verhältnisses von 2:1 im Wochenausgleich. Die Bewirtschaftung des notwendigen Beckens und dessen Grösse kann der Beckenfüllung (rechte Skala) entnommen werden, z. B. für diese Woche über 2 Mio. m^3.

Zu beachten ist, dass mit einem Becken, welches es erlaubt, z. B. während 95 % der Wochen (Wochenausgleich) ein festgelegtes Schwall/Sunk-Verhältnis einzuhalten, bei intelligenter Bewirtschaftung über lange Zeiträume eine massive Übererfüllung des Schwall/Sunk-Verhältnisses erzielt werden kann.

Entlandung des Stausees Solis

Auftrag:
Elektrizitätswerk der Stadt Zürich (ewz)
Projektleiter:
C. Ortmanns
Sachbearbeiter:
Th. Berchtold

Das Elektrizitätswerk der Stadt Zürich (ewz) nahm 1985 die Stauanlage Solis zwischen Tiefencastel und Thusis in Betrieb. Die Albula wurde dadurch zu einem fjordartigen See mit einem Gesamtvolumen von 4 Mio. m^3 aufgestaut, der die beiden Kraftwerke Sils und Rothenbrunnen mit Betriebswasser speist. Mit dem verfügbaren Nutzvolumen von 1,46 Mio. m^3 werden jährlich 317 GWh Strom produziert.

Aus dem 900 km^2 grossen Einzugsgebiet werden jährlich netto ca. 72'000 m^3 Geschiebe in den Stauraum eingetragen. Seit Inbetriebnahme der Anlage führte der Feststoffeintrag zu einer Verlandung von bereits einem Viertel des Stauvolumens.

Die Verlandungsfront liegt heute ca. 600 m vor den Grundablässen. Ohne Massnahmen wird die Verlandungsfront in naher Zukunft weiter in Richtung Staumauer vorrücken und zu verschiedenen betrieblichen, sicherheitstechnischen und ökologischen Problemen führen. Namentlich genannt werden ein Einstau der Ausläufe des KW Tiefencastel im Stauwurzelbereich, die Reduktion des Nutzvolumens des Stausees, die mögliche Einschüttung der beiden Grundablässe sowie die andauernden Sohlen- und Seitenerosionen der unterwasserseitigen Flussläufe infolge des vorhandenen Geschiebedefizits.

Eine Entlandung, bzw. eine Feststoffdurchführung durch den Stausee, soll diese Probleme entschärfen. Das ewz hat zu diesem Zweck verschiedene Varianten ausgearbeitet, wovon es zwei im hydraulischen Modellversuch an der VAW genauer untersuchen lässt: Die Variante des Durchleitens von Geschiebe durch die Grundablässe unter Druck während eines geschiebeführenden Hochwassers und die Variante eines Geschiebeumleitstollens.

Durchleiten von Geschiebe durch die Grundablässe unter Druck

Ziel dieser Variante ist es, in einer ersten Phase das im Stauwurzelbereich abgelagerte Geschiebe in das noch vorhandene Totvolumen zu verlagern, ohne dabei Nutzvolumen zu verlieren. Der nach der ersten Phase erreichte Verlandungsgrad im See soll für die weiteren Betriebsjahre konstant gehalten werden. In der darauf folgenden Phase soll deshalb sämtliches oben eingetragenes Geschiebe über den freigelegten Verlandungskörper hinweg durch die Grundablässe in das Unterwasser geleitet werden. Dazu wird die Bewirtschaftung des Tages- und Wochenendspeichers jeweils in den Frühjahresmonaten angespasst. Der Stauspiegel wird tief gehalten, um den Stausee bei Hochwasser rasch weiter auf eine minimale Kote absenken zu können. Die Geschiebeumlagerung bzw. Geschiebedurchleitung kann nur bei kleineren, jährlich vorkommenden Hochwassern erreicht werden. Bei grösseren Hochwassern wird das Geschiebe im Stauwurzelbereich zwischengelagert.

Geschiebeumleitstollen

Oberhalb der Sperrstelle wird das transportierte Geschiebe durch Umlenkbauwerke in einen Umleitstollen gelenkt und unterhalb der Staumauer wieder ins Unterwasser zurückgegeben.

An der VAW werden zurzeit im Modell (Modellmassstab 1:45) Versuche zur Geschiebedurchleitung durch die Grundablässe durchgeführt. Durch Absenken des Seespiegels wird der Verlandungskörper freigelegt. Erste Versuche zeigen, dass bei abgesenktem Seespiegel sich eine starke Rückwärtserosion einstellt. Es entsteht im freigelegten Verlandungskörper eine tiefe Rinne. Das dabei in Bewegung gesetzte Material wird in grosser Konzentration erfolgreich über die Verlandungsfront und durch die Grundablässe ins Unterwasser durchgeleitet. Weitere Versuche sollen die Machbarkeit dieser Variante aufzeigen. Im nächsten Jahr wird der Umleitstollen untersucht.

Abb. 18: Die steile Böschung der Geschiebefront reicht im Modell bis vor die Grundablässe.

Hydraulische Modellversuche zur Optimierung der Hochwasserentlastung mit Schachtüberfall der Val Noci Talsperre in Italien

Auftrag:
Mediterranea delle Acque S.p.a., Genova
Projektleiter:
A. Lais
Sachbearbeiter:
M. Pinotti

Mediterranea delle Acque S.p.a. betreibt die Stauanlage Val Noci in Montoggio (I) um die Stadt Genova und mehrere Gemeinden im Gebiet Liguria mit Trinkwasser zu versorgen. Die 58 m hohe Gewichtsmauer wurde in den 1920er Jahren gebaut und staut den Noci Bach knapp 1 km vor der Mündung in den Creto Bach. Die Stauanlage stellt ein Nutzvolumen von 3.2 Mio. m^3 für die Trinkwasserversorgung bereit.

Drei bestehende Entlastungsorgane (Stirnüberfall, Mittel- und Grundab-

lass) dienen zur Abfuhr der Hochwasser. Der mit einem Drucksegmentschütz regulierte Stirnüberfall besteht aus einer 10x4 m^2 grossen Maueröffnung, durch die das Wasser in einen auf der rechten Talseite verlaufenden Hangkanal aus Stahlbeton geleitet wird. Die Kapazität des Freilaufgerinnes beträgt 190 m^3/s. Der Mittelablass ist ein Vertikalschacht, der in den Bauumleitungsstollen mündet. Er ist durch ein automatisch reguliertes, kegelförmiges Ventil (sog. Valvola Verrina) bedient und weist eine Kapazität von 34 m^3/s auf. Der Grundablass besteht im Wesentlichen aus einem Stahlrohr mit Innendurchmesser 1 m und hat eine Kapazität von 16 m^3/s.

Der Servizio Idrologico Nazionale (Amt für Landeshydrologie) aktualisierte im Jahr 1996 die 1000-jährliche Hochwasserspitze auf 280 m^3/s für das 7.6 km^2 grosse Einzugsgebiet der Val Noci Talsperre. Damit weist die bestehende Hochwasserentlastungsanlage bei maximalem Stauziel ein Kapazitätsdefizit von 40 m^3/s auf.

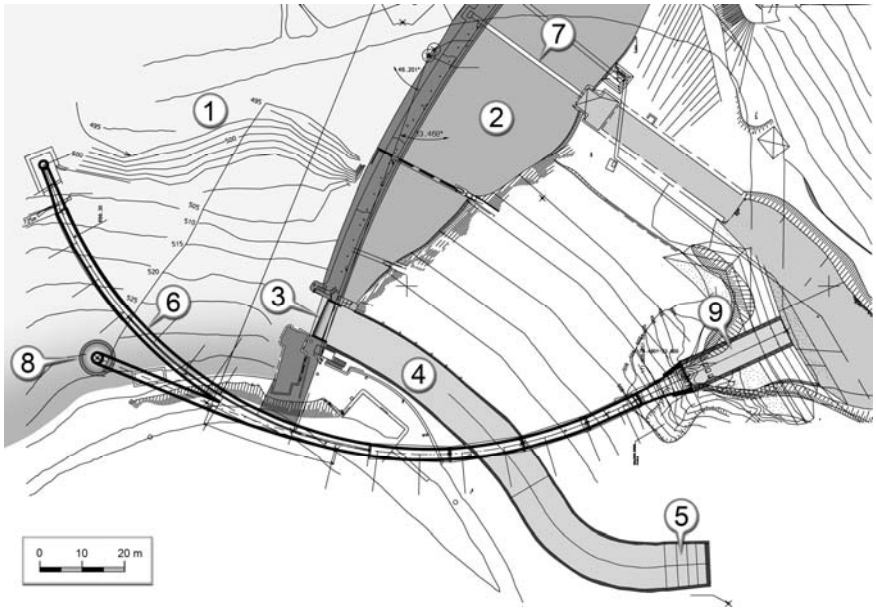


Abb. 19: Situation der Talsperre Val Noci

1 Val Noci Reservoir
2 Bogengewichtsmauer
3 Wehr
4 Hangkanal
5 Schussrinne und Sprungschanze
6 Baumumleitung und Mittelablassstollen
7 Grundablass
8 Schachtüberfall (Morning Glory)
9 Tosbecken

Das Projekt zur Kapazitätssteigerung sieht eine zusätzliche Hochwasserentlastung vor, die als Schachtüberfall ausgebildet wird. Der Schachtüberfall besteht aus einem tulpenförmigen Überfall mit 8 m Aussendurchmesser und einem 40 m hohen Vertikalschacht (d = 2 m). An den

Krümmer am Fallschachtende schliesst der 30 m lange, horizontale Freilaufstollen an, der in den bestehenden Mittelablassstollen mündet. Am Ende des Freilaufstollens wird zur Energieumwandlung ein neues Tosbecken angeordnet.

Die VAW der ETH Zürich wurde von Mediterranea delle Acque mit der Durchführung von hydraulischen Modellversuchen zur Funktionskontrolle sowie Optimierung der neuen Entlastung beauftragt. Die Versuche werden ab Dezember 2006 bis Frühjahr 2007 durchgeführt. Der Fokus der Versuche liegt auf den Anströmungsverhältnissen – die Tulpe befindet sich in unmittelbarer Nähe vom Stirnüberfall, was ungünstige Anströmungsverhältnisse erzeugen kann –, den hydrodynamischen Druckbelastungen auf die Stollenauskleidung und der Problematik des Wasser-Luftgemischs im unterirdischen Entlastungssystem.

Kraftwerk Eglisau, Hydraulische Modellversuche zur Problematik der Einlaufwirbel

Auftrag:
Kraftwerk Eglisau-Glattfelden AG
Projektleiter:
A. Lais
Sachbearbeiterin:
T. Janisch

Infolge der Schräganströmung des Laufkraftwerks Eglisau der Nordostschweizerischen Kraftwerke AG NOK entstehen in den sieben Turbineneinläufen sogenannte Badewannenwirbel. Die Zirkulationsintensität dieser Einlaufwirbel nimmt mit zunehmender Triebwassermenge zu. Ab ca. 300 m^3/s saugen die Wirbelzöpfe Luft an, die in den Druckabfluss zu den Turbinen eingetragen wird.

Die neue Konzession für die Nutzung der Wasserkraft bei Eglisau schliesst die Erhöhung der Nutzwassermenge von 400 auf 500 m^3/s ein. Im Zuge dieses Ausbaus verschärfen sich die Probleme hinsichtlich der Minderung der Durchflusskapazität durch die Bildung grösserer Einlaufwirbel und des Wirkungsgrades der Turbinen durch erhöhten Luftanteil.

Im Grossmodell 1:55 sind die Strömungsverhältnisse im Vorbecken des Kraftwerkes im Jahre 2005 untersucht worden (siehe VAW Jahresbericht 2005). Bei diesem Massstabsfaktor wird das grossräumige Strömungsfeld gut abgebildet, kleine Wirbelstrukturen werden jedoch infolge von Zähigkeitseinflüssen verzerrt. Das Modell 1:55 ist also für eine Wirbeluntersuchung ungeeignet. Für die Untersuchung mit der Zielvorgabe, den an Einlaufwirbel gekoppelte Lufteintrag zu verhindern, wurde deswegen ein zusätzliches physikalisches Modell von nur einem Turbineneinlauf im Massstab 1:15 errichtet.

Zu den untersuchten technischen Massnahmen zur Verminderung der Wirbelintensität und damit des Lufteintrags gehören die Tieferlegung des Einlaufs, ein horizontaler Gitterrost, Kettenvorhänge in Kombination mit Leitwänden sowie Lamellenkonstruktionen. Die Bestvariante geht aus der Optimierung einer Lamellenkonstruktion hervor und ist eine gerippte Tauchwand, die den Lufteintrag erfolgreich unterdrückt.

Bei Einbau eines Kettenvorhangs, der girlandenförmig am hinteren Kranbahnträger aufgehängt ist und ca. 50 - 60 cm in das Wasser eintaucht, und zweier Leitwände, die 1.75 m lang und in einem spitzen Winkel von 7° zur Pfeilerachse angestellt sind, werden lufteinziehende Wirbel bis 400 m^3/s verhindert, nicht aber bei 500 m^3/s (Abb. 20 a). Als Alternativlösung ist diese Variante dennoch zu betrachten, denn ein hoher Anteil der eingetragenen Luftblasen entgast vor den Turbinen durch die Deckenöffnung des Einlaufschützen-Schachtes.

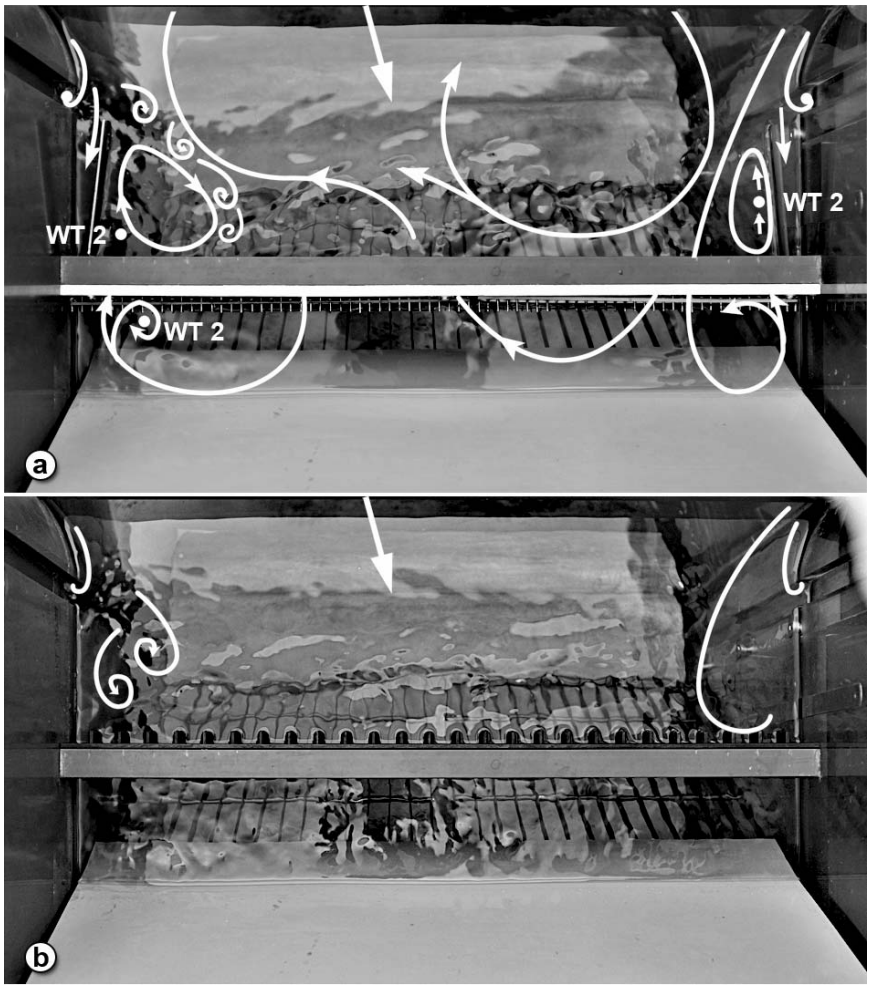


Abb. 20: Schematische Darstellung der Oberflächenströmung bei Q = 500 m^3/s in einem Turbineneinlauf des KW Eglisau. Massnahmen zur Wirbelunterdrückung: a) Kettenvorhang und Leitwände; die stärksten beobachteten Wirbel im Modell bei 500 m^3/s sind vom Wirbeltyp 2, b) gerippte Tauchwand.

1.3 Flussbau

Blockrampe Chesteholz in der Rhone

Auftrag:
Kanton Wallis
Projektleiter und Sachbearbeiter:
Dr. R.B. Weichert

Signifikante Sohleneintiefungen im Rotten infolge der Hochwasserereignisse 1987 und 1993 führten 1998 zur Realisierung eines knapp 100 m langen Rampenbauwerks im Bereich Chesteholz oberhalb von Mörel. Bei diesem Bauwerk handelte es sich um eine geschlossene, klassische Blockrampe. Während eines kleineren Hochwasserereignisses 1999 (ca. HQ10) sowie beim Hochwasserereignis 2000 (ca. HQ100) wurde diese Rampe stark beschädigt. Zum heutigen Zeitpunkt ist die Rampe bis auf einen am oberen Ende der Rampe betonierten Querriegel zerstört (Abb. 21), sodass Massnahmen notwendig sind.

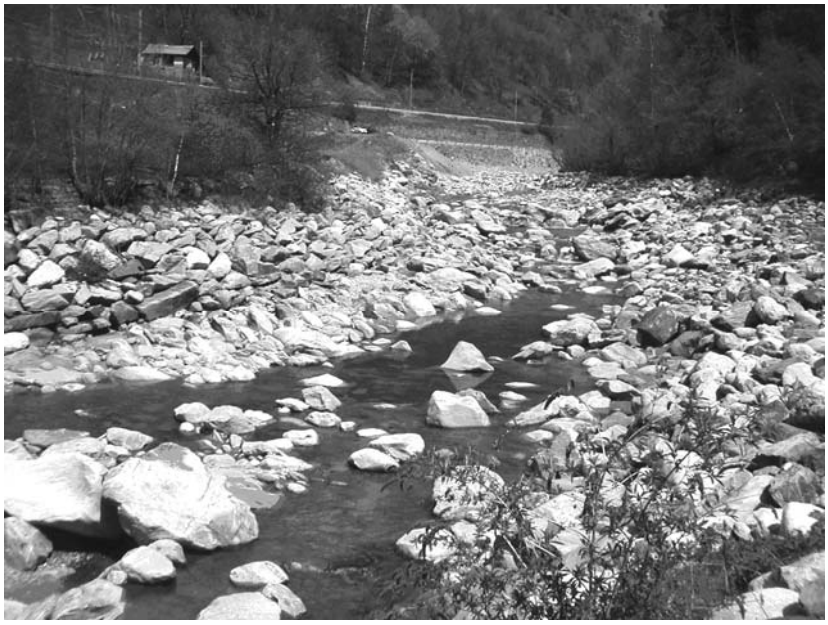


Abb. 21: Blick gegen die Fliessrichtung auf die zerstörte Rampe (Foto Hunziker, Zarn und Partner).

Im Rahmen einer Machbarkeitsstudie wurden von der VAW verschiedene Massnahmen zur Sohlstabilisierung wie klassische Blockrampen, aufgelöste, unstrukturierte Blockrampen, eigendynamisch entwickelte Blockrampen sowie grosse Betonelemente zur Anreicherung der Sohle geprüft. Der Stabilität des Rampenfusses musste besondere Beachtung geschenkt werden, da im Unterwasser der Rampe die Rhone eine Eintiefungstendenz aufweist. Als Grundlage für die weitere Projektierung wurden die verschiedenen Bauwerkstypen hinsichtlich der gegebenen Randbedingungen miteinander verglichen. Es zeigte sich, dass als mögliche Bauwerkstypen eine klassische Blockrampe oder eine aufgelöste, unstrukturierte Blockrampe in Betracht kommen.

Flussaufweitungen in der Schweiz – Auswertung von Naturdaten

Auftrag:
Bundesamt für Umwelt (BAFU), Kantone Zürich, Thurgau, Graubünden, Bern und Tessin
Projektleiter:
Dr. R.B. Weichert
P. Requena
Sachbearbeiter:
B. Putzar

In der Schweiz sind seit 15 Jahren eine Vielzahl von Flussaufweitungen realisiert worden. Die Entwicklung der Sohlenlagen und der Morphologien ist für die meisten Aufweitungen dokumentiert, eine wissenschaftliche Auswertung der Daten wurde bisher jedoch nicht durchgeführt. Im Rahmen eines Auftrages des Bundesamt für Umwelt BAFU und der Kantone Zürich, Thurgau, Graubünden, Bern und Tessin wurden die Daten für eine Reihe verschiedener Flussaufweitungen gesammelt und hinsichtlich der Anwendbarkeit bestehender Berechnungsansätze zur Prognose der Auswirkungen von Flussaufweitungen analysiert. Wesentliches Resultat ist eine Datenbank über die Flussaufweitungen, die an der Emme, der Thur, der Moesa, der Tresa und dem Alpenrhein realisiert wurden.

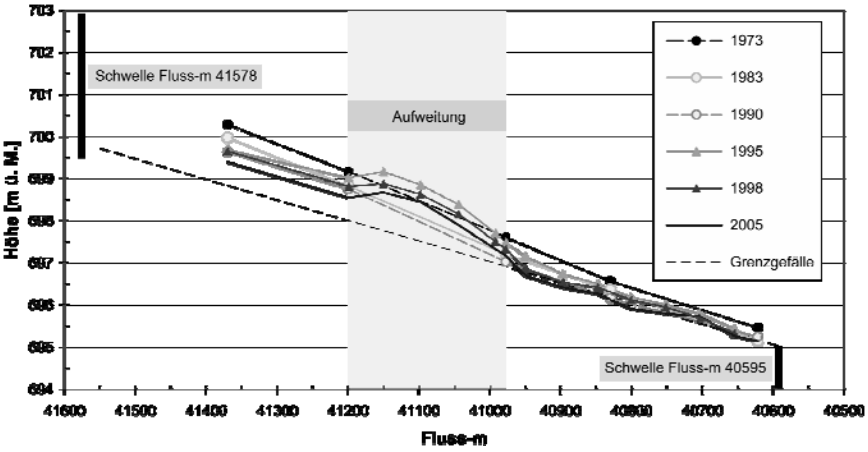


Abb. 22: Sohlentwicklung der Emme bei Aeschau-Horben. Die Aufweitung wurde 1994 einseitig maschinell ausgeführt.

Als Beispiel wird im Folgenden der Flussabschnitt bei Aeschau-Horben in der Emme beschrieben (Abb. 22). Dieser befindet sich seit den Korrekturmassnahmen im 19. Jahrhundert in einem Erosionszustand. Die Aufweitung wurde 1994 einseitig maschinell realisiert und ist im Diagramm grau hinterlegt. Die Vermessungsjahre 1973 bis 1990 zeigen zunächst eine Eintiefung der Sohle in der dargestellten Flussstrecke. Durch den Bau der Aufweitung wurde die Sohle im aufgeweiteten Bereich deutlich angehoben und lag 1995 im Mittel über der Sohlenlage von 1973. Interessant ist nun, dass auf den folgenden Vermessungsjahren bis 2005 ebenfalls eine Eintiefung über die gesamte Flussstrecke zu erkennen ist. Im Vergleich zur Vermessung von 1990 vor dem Bau der Aufweitung zeigt sich, dass sich die Sohle oberhalb der Aufweitung deutlich abgesenkt hat, jedoch in der aufgeweiteten Strecke selbst noch über dem Sohlniveau von 1990 liegt. Offensichtlich liegt in diesem Flussabschnitt eine übergeordnete Sohlenerosion vor, die sich in Form einer Rotationserosion um den Sohlenfixpunkt an der unteren Schwelle bei Flussmeter

40595 äussert.

Die Auswertungen der Sohlenlagen haben gezeigt, dass Flussaufweitungen unter bestimmten Randbedingungen die Sohle nicht stabilisieren bzw. eine übergeordnete Erosionstendenz stoppen können. Dieses bestätigt frühere Forschungserkenntnisse bezüglich der Auswirkungen von Aufweitungen in erodierenden Flüssen, die anhand von physikalischen und numerischen Modelluntersuchungen an der VAW gewonnen wurden.

In einem weiteren Schritt werden, unter Verwendung der ausgewerteten Sohlenentwicklungen, gängige Bemessungsansätze mit den vorhandenen Daten analysiert.

Ereignisanalyse Hochwasser 2005

Auftrag:
Bundesamt für Umwelt (BAFU)
Gesamtprojektleiter:
Dr. R.B. Weichert

Im August 2005 kam es in etlichen Regionen der Schweiz zu ausserordentlichen Hochwasserereignissen. Die Jährlichkeit der gemessenen Niederschläge, Abflüsse und Seewasserstände liegt im Bereich von 100 bis 300 Jahren. Aus den Überschwemmungen, Hangrutschungen, Ablagerungen sowie den Folgeschäden resultiert ein Gesamtschaden von rund 2.5 Milliarden Schweizer Franken.

Die VAW nimmt an der Analyse dieses Hochwasserereignisses unter der Leitung des Bundesamtes für Umwelt BAFU mit den Teilprojekten Aufweitungen, Schwemmholz sowie Technische Massnahmen (Geschiebesammler, Blockrampen) teil.

Eine Zusammenfassung der Erkenntnisse aus dieser Untersuchung wird in einem Ende 2007 erscheinenden Bericht „Ereignisanalyse“ des BAFU publiziert.

Teilprojekt Schwemmholz

Projektleiterin:
D. Lange
Sachbearbeiter:
L. Schmocker
Zusammenarbeit:
WSL

Das Teilprojekt Schwemmholz wird zusammen mit der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL) durchgeführt. Ziel dieser Untersuchung ist eine gesamthafte Betrachtung der mit Schwemmholz im Zusammenhang stehenden Mechanismen. Dabei wird vertieft auf die Mobilisation, den Transport und die Ablagerung von Schwemmholz eingegangen. Für verschiedene Gewässerabschnitte in der Schweiz (z.B. Kl. Emme, Reuss) wird dazu eine Schwemmholzbilanz erstellt, um die Herkunft, die Transportwege sowie die Ablagerungsorte zu bestimmen.

Als weiterer wichtiger Punkt werden verschiedene Verklausungen betrachtet, um Prozesse, die zu Holzansammlungen an Bauwerken führen, näher zu analysieren (Abb. 23).

Abb. 23: Verklausung des Wehrs Perlen während des Hochwassers vom August 2005.

Es soll geklärt werden, wie es zu den Verklausungen kam und warum das Holz manche Bauwerke ungehindert passieren konnte. Ein letzter bedeutsamer Punkt im Zusammenhang mit Schwemmholz betrifft schliesslich dessen Räumung und Entsorgung. Es sollen Räumungsmethoden und deren Effizienz untersucht werden, um wichtige Erkenntnisse für zukünftige Ereignisse zu gewinnen.

Teilprojekt Aufweitungen

Projektleiterin:
P. Requena
Sachbearbeiter:
B. Putzar

Für die Bearbeitung des Teilprojektes „Flussaufweitungen“ wurden zunächst die Flüsse Emme und Thur ausgewählt. Diese Flüsse werden hinsichtlich der Wirksamkeit bestehender Flussaufweitungen während des Hochwassers detailliert untersucht.

Zusätzlich werden Flussstrecken betrachtet, die sich beim Hochwasser durch Versagen des Uferschutzes und seitliche Erosion des Ufers spontan stark aufweiteten. Solche Seitenerosionsereignisse waren an Flüssen wie z.B. der Engelberger Aa (Abb. 24) oder der Muota zu beobachten.

Die für die Bearbeitung des Auftrages notwendigen Daten sind Topographienaufnahmen vor und nach dem Hochwasser, Hochwasserspuren, charakteristische Kenngrössen des Untergrundmaterials sowie die Abflusskennwerte der entsprechenden Abflussmessstationen. Diese werden in Zusammenarbeit mit den betroffenen Kantonen und dem BAFU erarbeitet.

In einem weiteren Teilprojekt wird die Wirkung der Aufweitungen mit Hilfe eines numerischen Modells untersucht (siehe Seite 51).

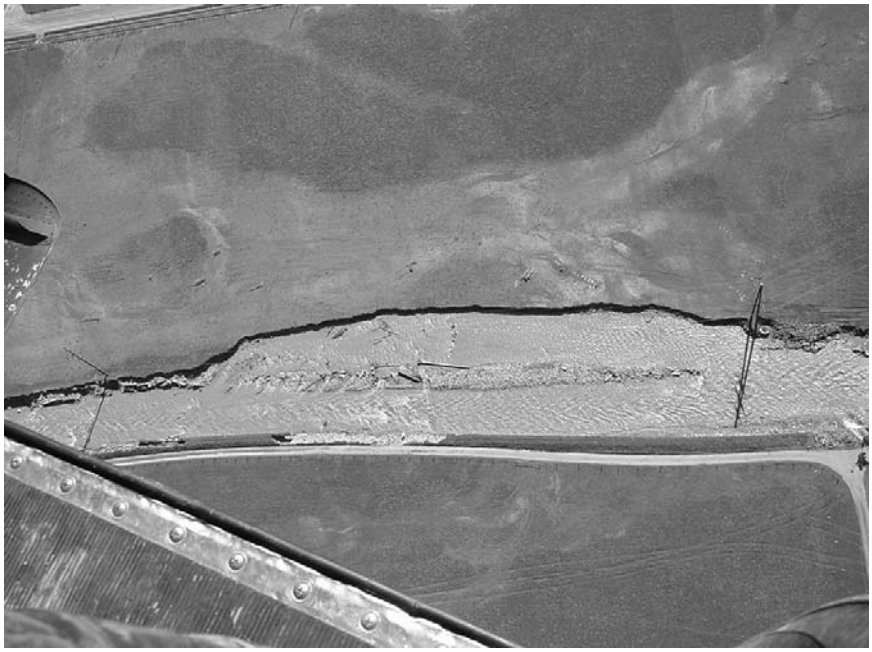


Abb. 24: Seitenerosion durch das Hochwasserereignis August 2005 an einem Flussabschnitt der Engelberger Aa (Quelle: Niederer+Pozzi).

Teilprojekt Technische Massnahmen – Blockrampen

Projektleiter:
Dr. R.B. Weichert
Sachbearbeiter:
Th. Berchtold

In den vergangenen beiden Jahrzehnten wurden im Alpenraum zahlreiche klassische und aufgelöste Blockrampen zur Stabilisierung der Flusssohlen gebaut. Deren Dimensionierung basiert in der Regel auf Modellversuchen, die zu einem grossen Teil an der VAW durchgeführt wurden. Die realisierten Blockrampen weisen hinsichtlich Sohlenstabilisierung und ökologischer Durchgängigkeit eine gute Funktionalität auf. Dennoch wurden immer wieder und insbesondere auch während des Hochwassers 2005 Schäden verzeichnet, deren Ursachen sehr unterschiedlich sein können. Eine Analyse der Ursachen und Mechanismen solcher Schadensereignisse sind von besonderer Wichtigkeit, um für die Projektierung zukünftiger Bauwerke zu lernen.

Für die Analyse wurden unterschiedliche Rampentypen ausgewählt, die sich in verschiedenen Flüssen befinden. Um Bauweisen und Dimensionierungen zu erkennen, die sich in der Vergangenheit bewährt haben, werden zusätzlich zu beschädigten Blockrampen auch Fälle betrachtet, die das Hochwasser ohne Schäden überstanden haben. Studiert werden nebst dem Schadensbild vor Ort auch der Bauwerksentwurf, die Grundlagen für die Dimensionierung sowie die eigentliche Bemessung des

Bauwerks. Es stellen sich die Fragen, ob das tatsächlich realisierte Bauwerk dem Entwurf entspricht, wie die Rampe auf die hydraulischen Randbedingungen während des Ereignisses 2005 reagiert hat, welche Schadensprozesse stattgefunden haben und welchen Prozessen bei zukünftigen Bauwerken mehr Beachtung geschenkt werden muss, um Schäden zu vermeiden.

Abb. 25: Die klassische Blockrampe ‚Ettisbühl' bei Malters in der kleinen Emme wurde während des Hochwassers 2005 vollständig zerstört. Im Bild sichtbar ist ein Absturzbauwerk, das sich am Rampenkopf befand.

Teilprojekt Technische Massnahmen - Geschiebesammler

Projektleiter:
Dr. R.B. Weichert
Sachbearbeiter:
G. Möller

Im Rahmen dieses Teilprojektes ist die VAW beauftragt, die Wirksamkeit von Geschiebesammlern während des Hochwasserereignisses 2005 zu analysieren. In einem ersten Schritt wurden dabei anhand von Protokollen, Berichten sowie persönlicher Kommunikation mit den entsprechenden Fachstellen 14 Sammler in den Kantonen Uri, Obwalden, Nidwalden und Bern ausgewählt. Beispielhaft ist in Abb. 26 der Geschiebesammler am Mattenbach im Simmental (BE) gezeigt.

Nach dem Zusammentragen der benötigten Daten ist zu klären, welche Prozesse in den jeweiligen Sammlern während des Ereignisses abgelaufen sind. Hierbei stehen Fragestellungen im Zentrum der Untersuchung, die die Wirksamkeit des Sammlers bezüglich des Geschiebe- und Schwemmholzrückhalts betreffen. Zusätzlich ist von Interesse, inwieweit ein Rückhalt im Sammler die Prozesse unterhalb des Sammlers beeinflusst hat. Zuletzt werden die Erkenntnisse zusammengetragen und allfäl-

lige Verbesserungen für die Dimensionierung, aber auch die Intervention während eines Ereignisses formuliert.

Abb. 26: Blick gegen die Fliessrichtung auf das Abschlussbauwerk des Geschiebesammlers am Mattenbach im Simmental (BE) während des Ereignisses 2005, voll gefüllt (30'000 m^3).

Flussbauliches Monitoring am Flaz

Forschungsprojekt BAFU und VAW :
Projektleiter:
Dr. R.B. Weichert
Sachbearbeiter:
T. Janisch
G. Möller

Das seit April 2004 laufende Monitoring-Projekt am neuen Flaz (Kanton Graubünden) beinhaltet eine kontinuierliche Erhebung von Naturdaten. Ziel ist die Untersuchung interessanter flussbaulicher Fragestellungen anhand von Daten aus einem natürlichen Gerinne. Dabei werden Aspekte betrachtet, die die Kornzusammensetzung der Gerinnesohle, Abpflästerungs- und Sortierprozesse, die Hydraulik, die Morphologie sowie den Geschiebetransport betreffen.

Im Herbst 2005 wurde der Auftrag des flussbaulichen Monitorings um den Punkt „Aufnahme ökologisch-morphologischer Parameter“ erweitert. In diesem Rahmen soll ein von der EAWAG erarbeiteter Indikatorenkatalog zur Erfolgskontrolle von Revitalisierungsmassnahmen am Beispiel des Flaz angewendet werden. Hierbei werden flussbaulich relevante ökologische Indikatoren wie z.B. die Sohlen- und Uferstruktur und deren Dynamik betrachtet. Mit Hilfe dieser Indikatoren soll sowohl die morphologische und hydraulische Variabilität als auch die laterale Vernetzung eines Fliessgewässers direkt bewertet werden. Um eine Bewertung dieser Grössen zu ermöglichen, werden in regelmässigen Abständen vorhandene Strukturelemente, etwa Geschiebebänke, Kolke, Rinnen, Furte, Schnellen, Flach- und Steilufer, Fels, Sporn, Bucht, Wurzelwerk und

Blockgefüge entlang des Gerinnes in ihrer Lage, Grösse und Art aufgenommen. Beispielhaft ist in den Abb. 27 und 28 die Situation einer Geschiebebank im Mündungsbereich des Flaz dargestellt. Es lässt sich erkennen, dass eine regelmässige Aufnahme notwendig ist, um die „Dynamik der Sohlenstruktur“ erfassen zu können. Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung wurden diese Indikatoren bislang zweimal aufgenommen.

Abb. 27: Situation der Geschiebebank im Mündungsbereich des Flaz in den Inn bei km 0.227, aufgenommen Anfangs November 2005.

Abb. 28: Situation der Geschiebebank im Mündungsbereich des Flaz in den Inn bei km 0.213, aufgenommen Ende September 2006.

Klassische Blockrampen in der Landquart

Projektleiter:
Dr. R.B. Weichert
D. Lange
Sachbearbeiter:
L. Aryal

Im Rahmen der Verbauung der Landquart nach dem verheerenden Hochwasser von 1910 wurde deren Unterlauf durch beidseitige Längswuhren kanalisiert. In der Folge tiefte sich die Landquart sukzessive ein. Als Gegenmassnahme wurden in den 70er Jahren des letzten Jahrhunderts Schwellen gebaut. Trotzdem stellt die Erosion im Unterlauf der Landquart heute nach wie vor ein Problem dar. Das Sanierungskonzept für den Unterlauf der Landquart sieht vor, die bestehenden Abstürze durch vorgebaute Rampen zu ergänzen. Diese wären aus ökologischer Sicht wünschenswert, da sie Fischen und Kleinlebewesen die Möglichkeit zur Aufwärtswanderung bieten.

In einer ersten Phase wurden an der VAW verschiedene Rampentypen untersucht. In einer zweiten Phase wurden dann Modelluntersuchungen mit klassischen Blockrampen durchgeführt (Abb. 29). Es wurden geschüttete und gesetzte Blockrampen mit einem Rampengefälle von 7 % und 9 % untersucht.

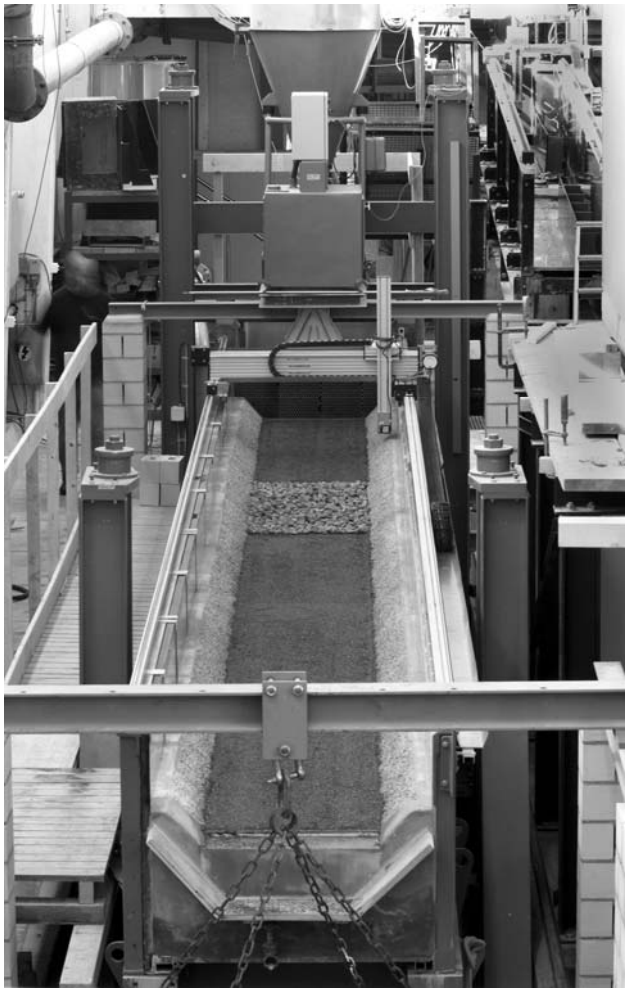


Abb. 29: Versuchsanlage; Fliessrichtung von oben nach unten.

Die Modellversuche haben gezeigt, dass die Geschiebeführung einen Einfluss auf die Stabilität der Blockrampen hat. Bei Versuchen mit Geschiebeführung wurde ein deutlich grösserer Blockaustrag verzeichnet als bei den Versuchen unter Reinwasserbedingungen. Geschüttete Blockrampen weisen im Gegensatz zu den gesetzten Blockrampen ein gutmütigeres Versagensverhalten auf. Durch ihren mehrlagigen Aufbau sind sie in der Lage, in gewissem Rahmen Bewegungen im Rampenkörper mitzumachen, während bei gesetzten Rampen häufig ein kollapsartiges Versagen beobachtet wurde. Massgebendes Kriterium für die Stabilität der Blockrampen ist die Kolkentwicklung. Durch die hohen spezifischen Abflüsse und die hohen Fliessgeschwindigkeit resultieren grosse Kolktiefen. Da die Fusssicherung bei klassischen Blockrampen durch die oben erwähnten grossen Kolktiefen sehr teuer wäre, werden momentan in einer dritten Phase Modellversuche zu einer durchgehenden Sohle über mehrere Abstürze mit Anreicherung grober Blöcke durchgeführt.

Modellversuche Linth 2000

Auftrag:
Linthverwaltung
Projektleiter:
Dr. R.B. Weichert
Dr. C. Ortmanns
Sachbearbeiter:
P. Seitz

Im Sommer 2006 wurde die VAW mit Modellversuchen zum Hochwasserschutzprojekt Linth 2000 beauftragt. Der Flusslauf der im Kanton Glarus entspringenden Linth wurde vor etwa 200 Jahren erheblich korrigiert. Seitdem fliesst sie durch den Escherkanal zuerst in den Walensee, bevor sie durch den Linthkanal in den Zürichsee weitergeleitet wird. Da beide Gerinne bei den grösseren Hochwassern der letzten Jahre an ihre Kapazitätsgrenze gestossen sind, sind für beide Kanäle verschiedene flussbauliche Massnahmen geplant worden. So soll unter anderem am Escherkanal eine einseitige Flussaufweitung im Bereich „Chli Gäsitschachen“ hergestellt werden. Ausserdem ist eine seitliche Hochwasserentlastungsmassnahme im „Kundertriet“ geplant (Abb. 30).

Zur näheren Untersuchung dieser beiden Projekte werden an der VAW zwei Modelle im Massstab 1:40 gebaut. Besonderes Augenmerk bei der ersten Untersuchung (Chli Gäsitschachen) wird neben den zu erwartenden Kolktiefen und der Flussmorphologie auf die Funktionalität einer seitlichen Entlastungsanlage, sowie eines Blockteppichs am oberen Ende der Aufweitung gelegt. Dieser geplante Blockteppich hat die Aufgabe, eine eventuelle Sohlenerosion stromaufwärts zu verhindern. Bei der einzubauenden Entlastungsanlage handelt es sich um eine etwa 100 m lange, rechtsseitige Dammabsenkung. Sie liegt vor der Vrenelibrücke, im Bereich der Rückführung des aufgeweiteten Flusses in sein bestehendes Gerinne. Da die Abflusskapazität unter dieser Brücke auf etwa 450 m^3/s beschränkt ist, müssen, um etwaige Schäden des linken Hochwasserschutzdammes im Überlastfall zu verhindern, etwa 100 m^3/s über diese Entlastung in ein Umgehungsgerinne abgeführt werden.

Zum jetzigen Zeitpunkt befindet sich das angeführte Modell im Bau. Sei-

ne Ausmasse betragen etwa 34 m Länge, bei einer Breite von ungefähr 4 m. Das Gewicht des Modells beträgt über 200 Tonnen.

Abb. 30: Escherkanal: Entnahme einer Volumenprobe im Bereich Chli Gäsitschachen.

Hydraulische Modellversuche zur Schwemmholzproblematik an der Mattenschwelle in Bern

Auftrag:
Tiefbauamt der Stadt Bern / Energie Wasser Bern
Projektleitung:
Dr. R.B. Weichert
D. Lange
Sachbearbeiter:
G. Möller

Während des Hochwassers 2005 an der Aare verfingen sich grosse Mengen Schwemmholz an den Schleusen und Schützen der Mattenschwelle in Bern. Dies hat zu einem Aufstau des Wasserspiegels im Bereich der Schwelle geführt, infolgedessen die Aare aus ihrem Flussbett ausbrach und grössere Wassermengen mit hohen Strömungsgeschwindigkeiten durch das Mattequartier flossen. Es entstanden im Mattequartier, am Kraftwerk Matte und am Wehr sehr grosse Sachschäden.

Im Rahmen der Sofortmassnahmen wurde die VAW beauftragt, den Nachweis der Machbarkeit einer Schwemmholzleiteinrichtung zu erbringen. Dazu wird das hydraulische Modell, siehe Abb. 31 im Massstab 1:50, auf einer Fläche von fast 100 m^2 in den Hallen der VAW errichtet. Neben der Beschickung mit Schwemmholz wird eine bewegliche Sohle eingebaut und Geschiebe zugeführt. Die Funktion der Leiteinrichtung und die Kolktiefen an den Pfählen der Konstruktion stehen im Fokus der Untersuchungen.

Zunächst wird ein Eichversuch durchgeführt mit dem Ziel, die während des Hochwasserereignisses 2005 aufgetretenen Prozesse zu reproduzieren. Die Abflussspitze betrug 604 m^3/s und es sammelte sich ein rund 4'000 m^2 grosser Schwemmholzteppich im Oberwasser der Mattenschwelle an. Anschliessend wird das Modell durch die von der B+S Inge-

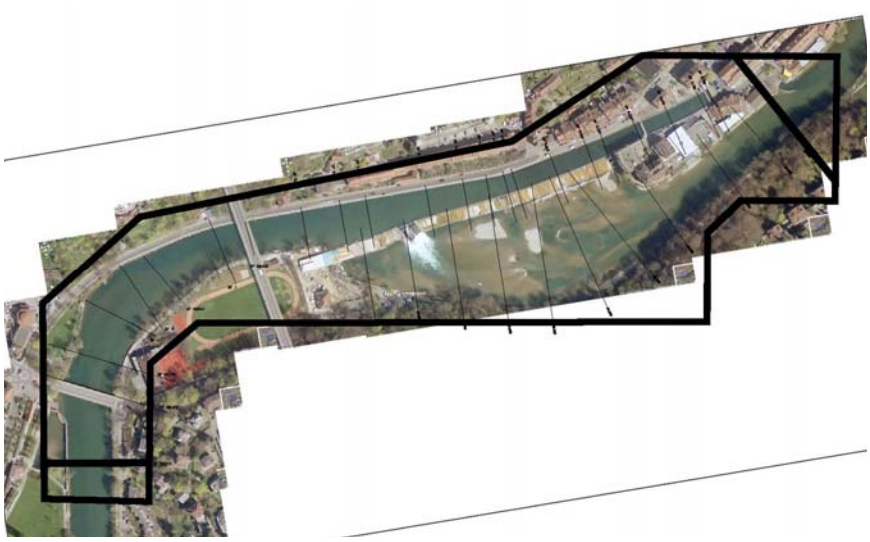


Abb. 31: Satellitenbild (Google Maps) des Untersuchungsgebietes. Der modellierte Bereich um die Mattenschwelle wird aus den Modellmauern (schwarz) deutlich. Die Querprofile (schwarz, dünn) dienen der Nachbildung des Gerinnes.

nieur AG entworfene Schwemmholzleiteinrichtung erweitert und deren Funktion geprüft und gegebenenfalls optimiert. In der Optimierungsphase wird auch geprüft, ob durch die Wiederinbetriebnahme des Kupferhammer-Grundablasses eine schwemmholztransportierende Strömung im Kraftwerkskanal erzeugt werden kann. Diese soll sicherstellen, dass das Holz weiter transportiert wird und während des Hochwasserereignisses bereits entnommen werden kann.

HWS Urner Talboden: Hydraulische Modellversuche Schächen

Auftrag:
Tiefbauamt des Kantons Uri
Projektleiter:
Dr. R.B. Weichert
Dr. J. Unger
Sachbearbeiter:
M. Junker

Am 22./23. August 2005 wurde der Urner Talboden von einem Hochwasser heimgesucht, welches den Kanton Uri an seinem Lebensnerv getroffen hat (Abb. 32). Charakteristisches Merkmal dieses Ereignisses war eine hohe Abflussspitze mit langer Periode. Dies führte im Schächen, einem Gebirgsbach, der am Klausenpass entspringt und im Urner Talboden bei Altdorf in die Reuss mündet, zur Mobilisierung grosser Geschiebemengen. Das anfallende Geschiebe wurde vom Schächen, welcher im

Bereich des Schwemmkegels in einer Wildbachschale geführt wird, bis in dessen Mündungsbereich transportiert und dort abgelagert. Infolge der durch die fortlaufende Ablagerung induzierten Rückwärtsauflandung im Schächen, kam es zu massiven Ausuferungen von Wasser und Geschiebe im unteren Abschnitt der Bachschale. Davon direkt betroffen waren weite Teile eines Industrie- und Gewerbegebietes, welches tagelang unter Wasser stand. Die gesamte Schadenssumme betrug ca. 300 Mio. CHF.

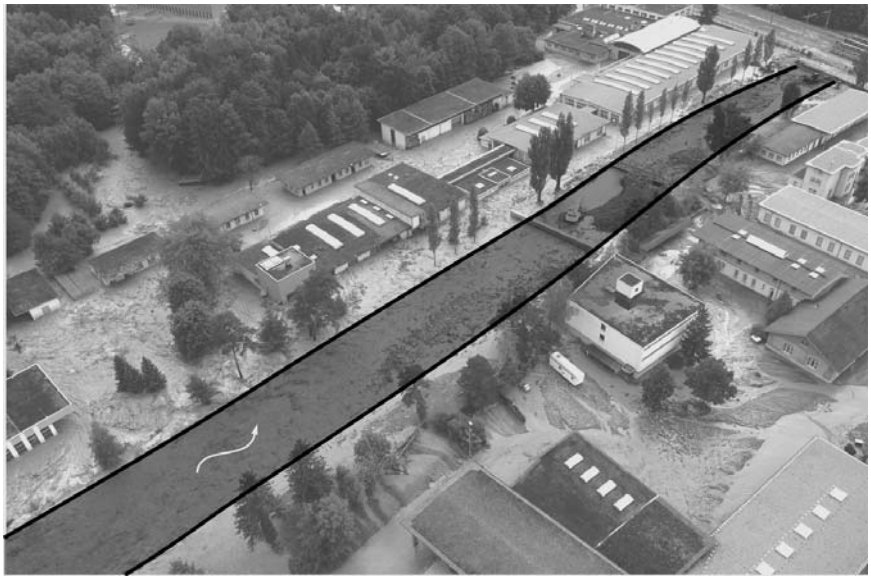


Abb. 32: Hochwasserereignis 2005: Ausuferung des Schächens stromauf der SBB-Brücke. (Markiert: ursprünglicher Gerinneverlauf)

Um den Wirtschaftsstandort Uri nicht weiter zu gefährden, wurde die Ingenieurgemeinschaft IG3Wasser vom Kanton beauftragt, ein Hochwasserschutzprojekt in Abstimmung mit dem Nachbarprojekt Alp Transit zu erarbeiten. Die VAW erhielt den Auftrag, die Massnahmen des Hochwasserschutzprojektes zu prüfen und zu optimieren. Dazu wurde für den Mündungsbereich des Schächens in die Reuss ein hydraulisches Modell im Massstab 1:50 errichtet.

Zur Prüfung, ob das hydraulische Modell die realen Verhältnisse abzubilden vermag, wurden fünf Eichversuche, mit dem Ziel das Hochwasserereignis 2005 nachzubilden, durchgeführt.

Die Phase der Modelleichung wurde im Oktober 2006 erfolgreich abgeschlossen. Durch die Variation der Geschiebeganglinie gelang es, sowohl den zeitlichen Verlauf als auch die grundlegenden hydraulischen und morphologischen Prozesse, wie Ablagerung, Auflandung und Ausuferung gut abzubilden (Abb. 33).

In der nächsten Phase werden die verschiedenen Projektmassnahmen getestet. Zu diesen zählen die Erhöhung des Schächendammes im Mündungsbereich, die Umgestaltung der bestehenden drei Strassen- und

Eisenbahnbrücken zu einer verschalten ‚Druckbrücke' mit einer Länge von gut 45 m und die Errichtung von vier seitlichen Entlastungen im Schächendamm als Bestandteil eines Geschiebeentlastungsraums. Die durch die Druckbrücke induzierten Effekte sind dabei von besonderem Interesse, da während des Ereignisses im August 2005 eine Interaktion mit den Brücken die massiven Ausuferungen begünstigte. Mittels der Druckbrücke soll dieser Prozess unterbunden werden. Die Funktion und Wirkungsweise der Druckbrücke wird sowohl im Gesamtmodell als auch in einem Halbmodell im Massstab 1:20 untersucht.

Abb. 33: Hydraulisches Modell 1:50, Austritt von Wasser und Geschiebe stromaufwärts der Schächenbachbrücken während eines Eichversuchs.

Seitenerosion in kiesführenden Flüssen

Forschungsprojekt VAW
Projektleiter:
Dr. R.B. Weichert
Doktorandin:
P. Requena

Im Rahmen eines Forschungsprojekts wird anhand von hydraulischen Modellversuchen (Abb. 34) der Prozess der Seitenerosion in voralpinen kiesführenden Flüssen untersucht. Dieses Projekt setzt sich zum Hauptziel, die zeitliche und räumliche Entwicklung der Seitenerosion zu dokumentieren und sie in Abhängigkeit der relevanten Parameter qualitativ und mittels empirischer Beziehungen quantitativ zu beschreiben. Dabei werden Parameter wie der Abfluss und dessen zeitlicher Verlauf, das Sohlengefälle, die Kornzusammensetzung der Flusssohle und die Geschiebezufuhr berücksichtigt. Zusätzlich wird der Einfluss der Seitenerosion auf die sich entwickelnden morphologischen Strukturen (Gerinneformen, Bänke, Kolke, etc.) untersucht. Auf der Basis dieser Untersuchungen werden Grundlagen zur quantitativen Beschreibung des Seitenerosionsprozesses sowie seines Einflusses auf den Sedimenttransport erarbeitet. Die Resultate sollen zudem mit Naturdaten von verschiedenen Schweizer Flüssen verglichen werden.

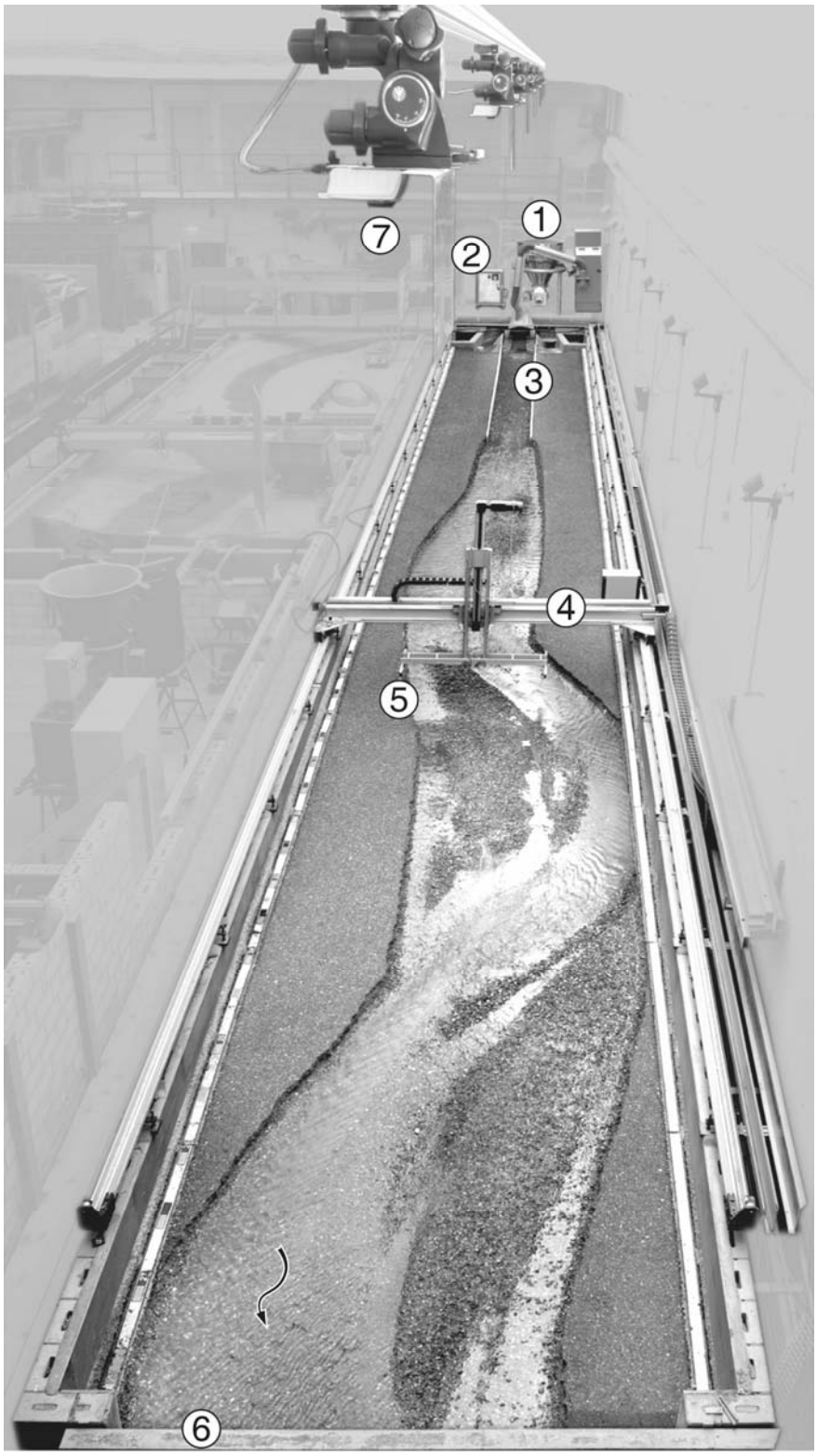


Abb. 34: Versuchsanlage: 1) Beschickungsmaschine, 2) Messcomputer, 3) Wandelemente, 4) Positioniersystem, 5) Laser- und Ultraschallsensoren, 6) Geschiebesammelkorb, 7) Digitalkameras

Zur Beobachtungen und Erfassung der Seitenerosion wird das gesamte Gerinne mit sieben Digitalkameras ⑦ (Abb. 34) während der ganzen Versuchsdauer fotografiert. Die Kameras sind synchronisiert und ein Programm erlaubt die Erstellung von Zeitrafferaufnahmen. Die Kameras sind so programmiert, dass jede Minute ein Bild gemacht wird. Durch Zusammenfügen der sieben Photos wird ein Bild des gesamten Gerinnes erzeugt. Zur Auswertung der erstellten Zeitrafferaufnahmen wurde an der VAW das Programm „Edge Detection“ entwickelt, welches auf der Basis eines Algorithmus die erodierte Uferlinie im Bild erkennt (Abb. 35). Die Identifizierung der Uferlinie erfolgt dabei durch die Auswertung der Kontrastdifferenzen zwischen den benetzten und unbenetzten Bereichen. Dank der Zeitrafferaufnahmen und der „Edge Detection“ Methode ist die Position der erodierten Uferlinien für jeden Zeitpunkt während eines Versuchs bekannt. Dieses Auswertungsverfahren stellt eine wichtige Grundlage zur detaillierten Analyse der zeitlichen und räumlichen Entwicklung der Seitenerosion sowie zur Quantifizierung der Erosionsgeschwindigkeit des Ufers dar.

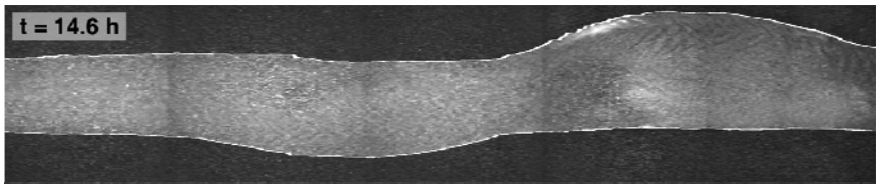


Abb. 35: Beispiel einer Momentanaufnahme des Gerinnes. Die weissen Linien stellen die digitalisierten Uferlinien dar.

1.4 Angewandte Numerik

BASEMENT – Ein objektorientiertes Softwaresystem zur numerischen Simulation von Naturgefahren

Projekt:
BASEMENT
Bundesamt für Wasserwirtschaft und Geologie (heute BAFU) und VAW
Modulleiter:
Dr. R. Fäh
Projektleiter:
D. Vetsch
Sachbearbeitung:
Dr. D. Farshi,
R. Müller,
P. Rousselot

Das Softwaresystem BASEMENT – "BAsic Simulation EnvironMENT for computation of environmental flow and natural hazard simulation" – stellt eine Umgebung zur numerischen Simulation von Fliessgewässern und entsprechendem Sedimenttransport zur Verfügung.

Im Jahr 2002 wurde das dazugehörige Forschungsprojekt als Teil des transdisziplinären „Rhone-Thur" Projekts und unter Mitfinanzierung des Bundesamtes für Wasserwirtschaft und Geologie (heute BAFU) lanciert. Dies ermöglichte die Entwicklung eines von Grund auf neuen Softwaresystems und somit die Verschmelzung aktuellster Ansätze mit der Erfahrung aus bestehenden Programmen. Mit der Zielsetzung, ein transparentes und nachhaltiges Softwarepaket zu erstellen, wurde ein objektorientierter Entwicklungsprozess gewählt.

Der aktuelle Stand des Softwaresystems BASEMENT beinhaltet zwei Submodule: Das eindimensionale Tool, genannt BASEchain, ist gedacht für die Simulation von Flussstrecken basierend auf Querprofilen und das zweidimensionale Modul BASEplane ermöglicht die Berechung von Überflutungsflächen basierend auf einem digitalen Geländemodell. Beide Submodule ermöglichen die Abbildung von morphologischen Entwicklungsprozessen aufgrund vorherrschender hydraulischer Verhältnisse. Details zu den beiden Submodulen sind in den nachfolgenden Kapiteln zu finden.

Die weitere Entwicklung der Software soll sich vor allem mit neuen Ansätzen für den Sedimenttransport befassen. Die entsprechenden Schwerpunkte sind: Seitenerosion, Einfluss von Sekundärströmungen, Dammbruch und innere Erosion. Bezüglich softwaretechnischer Erweiterungen stehen die Kopplung des 1d und 2d Modells, eine geeignete Parallelisierung und eine Software zur Verwaltung verschiedener Berechnungsszenarien an.

Am 6. Oktober 2006 wurde an der VAW die erste Version der Software im Rahmen eines Workshops der Öffentlichkeit präsentiert. Das Softwarepaket und dessen umfangreiche Dokumentation sind kostenlos auf der Projekt-Webseite erhältlich: www.basement.ethz.ch.

BASEMENT: Funktionalität BASEchain

Teilprojekt: BASEchain

BASEChain ist das eindimensionale Modul von BASEMENT. Die Grundfunktionalitäten umfassen die hydraulische Berechnung und entsprechenden Geschiebetransport in Flussläufen.

Der hydraulische Teil ermöglicht die Berechnung der Strömungseigenschaften mittels der Saint-Venant Gleichungen. Die berechneten primären Variablen sind dabei die Querschnittfläche und der Abfluss. Die Geometrie wird durch Querprofile vorgegeben, deren Abschnitte zwischen zwei Punkten im Modell als geometrische Einheiten mit individuellen Eigenschaften definiert werden. So können zum Beispiel Reibungsbeiwerte oder Bodenbeschaffenheit lokal angepasst werden. Außerdem ist es möglich, eine Gliederung in Hauptkanal und Vorländer vorzunehmen, um die Strömungsvariabilität über die Breite angenähert zu berücksichtigen. In gewissen Situationen – z.B. bei einem Auenwald - ist die Fliessgeschwindigkeit in Teilen des Querschnitts so klein, dass diese kaum mehr zum Abfluss beitragen. Dies wird berücksichtig, indem solche Abschnitte als nicht durchströmt spezifiziert werden. Deren Querschnittfläche trägt dann zwar zur Volumenbilanz bei, nicht aber zur Impulsbilanz.

Abb. 36 zeigt eine Fliesssituation an der Thur bei der durch das Deklarieren gewisser Gebiete als „nicht fliessend“ eine Verbesserung der Sedimenttransportberechnung erzielt werden konnte.

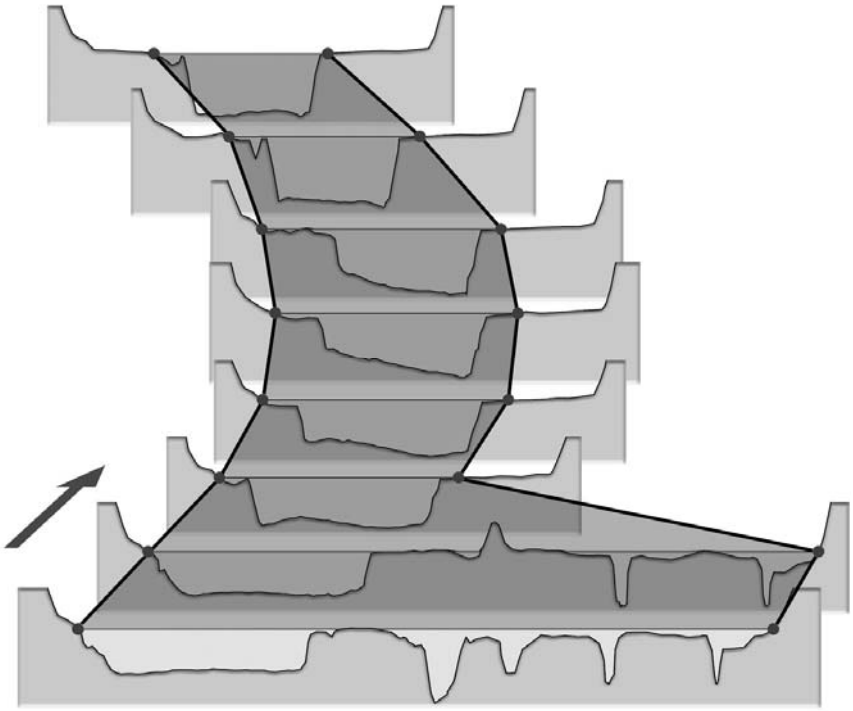


Abb. 36: Angepasste Querschnitte der Thur bei Altikon.

Neben dem häufig verwendeten Strickler-Ansatz können auch andere Reibungsgesetze, die auf der äquivalenten Sandrauhigkeit basieren, eingesetzt werden. Als obere Randbedingung wird im Allgemeinen ein vorgegebener Zufluss in Form eines Hydrographen benutzt. Am unteren Rand stehen verschiedene Randbedingungen zur Verfügung, z.B. eine Wasserstands-Abfluss Beziehung, ein Wehr, eine Schütze oder eine Zeitreihe des Wasserstandes.

Für den Geschiebetransport kann eine weitere Unterteilung des Querprofils von Nutzen sein: der Geschiebetransport wird dabei auf ein als „Sohle“ bezeichnetes Gebiet beschränkt. Jeder Abschnitt eines Querprofils kann sich aus mehreren Schichten aus unterschiedlichen Materialien zusammensetzen. Das Geschiebe das sich neu ablagert wird gleichmässig über den benetzten Teil der transportaktiven Sohle verteilt. Für die Berechnung stehen verschiedene Transportformeln zur Verfügung: Meyer-Peter Müller, Meyer-Peter Müller Hunziker und Parker. Der Transport kann sowohl für einen einzigen mittleren Korndurchmesser als auch für eine Kornmischung berechnet werden.

BASEMENT: BASEplane: Ein erweiterter numerischer Ansatz zur Flussmodellierung mit komplexen Topographien

Teilprojekt: BASEplane

BASEplane ist das zweidimensionale Submodul von BASEMENT. Die hydraulische Berechnung basiert auf der numerischen Lösung der Flachwassergleichungen (FWG). Die Berechnung des Geschiebetransports erfolgt aufgrund der globalen Massenerhaltungs- und Sortierungsgleichung sowie den zugehörigen Schliessbedingungen. Die Geometrie des Geländes wird durch ein unstrukturiertes Gitter repräsentiert, welches sowohl Dreiecks- als auch Viereckselemente enthalten und dadurch auch komplizierte Topographien flexibel beschreiben kann. Jedes einzelne Element besitzt einen individuellen Index, über den verschiedenen Eigenschaften der Zelle wie z.B. Reibungsbeiwerte definiert werden.

Die Bestimmung der Flüsse über jede Kante eines Elements spielt eine zentrale Rolle in der numerischen Lösung der FWG. Die Flüsse werden durch die Anwendung eines so genannten Riemannlösers bestimmt. Zwei derartige Löser, der Exakte und der HLL-Löser, wurden im Submodul BASEplane implementiert.

Der Trocken-Benetzt-Prozess bei instationären Strömungen wurde durch eine neuartige numerische Behandlung der Quellterme in einer stabilen und kompatiblen Form umgesetzt. Für die Bodenbeschaffenheit wurde ein Mehrschichtenmodell mit einer Aktivschicht für die Berechnung des Geschiebetransports formuliert. Das Modell berücksichtigt den Austausch zwischen der Aktivschicht und der darunter liegenden Unterschicht. Abb. 37 zeigt das Mehrschichtenmodell für ein Dreieckselement.

An den Rändern des Berechnungsgebiets können verschiedene Randbedingungen definiert werden. Am Zuflussrand sind dies unterschiedliche Typen von Hydrographen und am Abflussrand die Nullgradient- und Wehr-Randbedingungen.

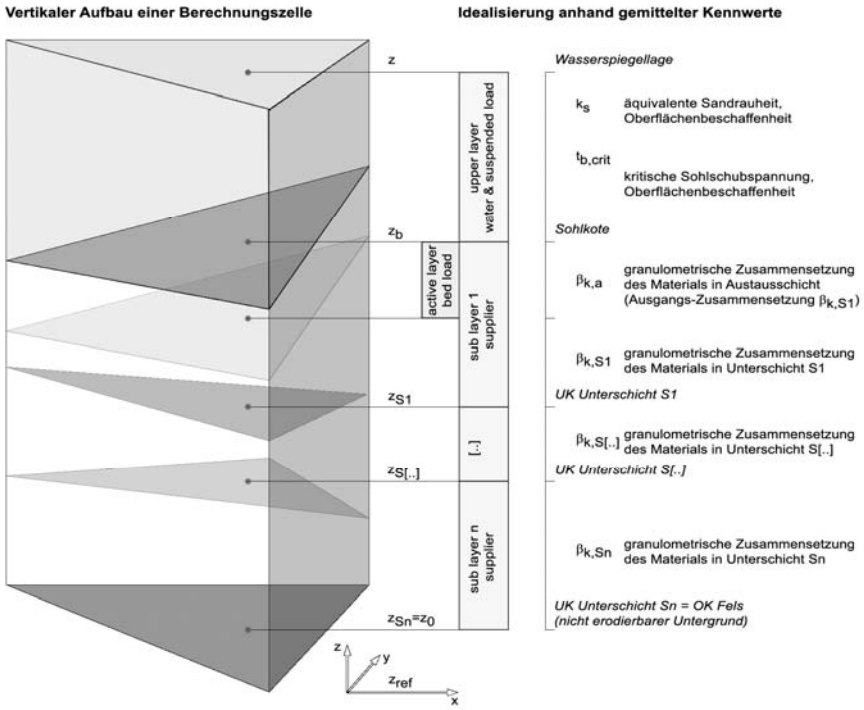


Abb. 37: Mehrschichtenmodell im Submodul BASEplane.

Für den Geschiebetransport stehen auch hier verschiedene Transportformeln zur Auswahl: Meyer-Peter Müller, Meyer-Peter Müller & Hunziker und Parker. Der Transport kann sowohl für einen einzigen mittleren Korndurchmesser als auch für eine Kornmischung - bestehend aus mehreren Kornklassen - berechnet werden. Für die Berücksichtigung der Deckschichtbildung im Falle einer Einkorn-Berechnung wurde das Zwei-Korn-Modell nach dem Ansatz vom Günter implementiert.

Die Ergebnisse einer Berechnung werden in verschiedene Dateien ausgegeben, welche allgemeine und individuell zu definierende Resultate beinhalten. Die allgemeinen Ausgaben beschreiben die Wassertiefe, Wasserspiegellage, Geschwindigkeit, Sohlschubspannung und Sohlenlage für alle Gitterelemente und werden für jede Berechnung ausgegeben. Die speziellen Ausgaben, wie z.B. der zeitliche Verlauf von Variablen in ausgewählten Elementen, werden dynamisch nach Wunsch des Anwenders ausgegeben.

Dreidimensionale numerische Simulation von Geschiebetransport unter Einbezug von Parallelrechnern

Forschungsprojekt:
Bundesamt für Wasserwirtschaft und Geologie (heute BAFU) und VAW
Projektleiter:
Dr. R. Fäh
Doktorand:
D. Vetsch

Für eine detaillierte Betrachtung des Geschiebetransports in natürlichen Gerinnen ist die Berücksichtigung des dreidimensionalen Charakters der Strömung unabdingbar. Die massgebenden Prozesse können nur bedingt durch zweidimensionale Verfahren angenähert werden und die Resultate lassen häufig nur qualitative Aussagen zu. Folglich soll ein dreidimensionales Modell basierend auf den Navier-Stokes-Gleichungen angepasst und erweitert werden. Im Hinblick auf die Leistungsfähigkeit des Modells ist es angebracht, auf einem parallelisierten 3d-Programm aufzubauen.

Bei genügend grossen Abflusstiefen ist der Sedimenttransport nur geringfügig durch den Verlauf der freien Wasseroberfläche beeinflusst. Dagegen ist bei der Bildung von komplexeren morphologischen Strukturen, wie diese bei verzweigten Gerinnen auftreten, das Wissen über die exakte Lage der nicht zwingend zusammenhängenden Wasseroberfläche ausschlaggebend für eine korrekte Wiedergabe des Sedimenttransports.

Ein flexibles und äusserst stabiles numerisches Verfahren zur Wiedergabe der freien Wasseroberfläche bei auf den Navier-Stokes-Gleichungen basierenden dreidimensionalen Strömungen ist die VOF-Methode. Diese ermöglicht die Beschreibung beliebiger beweglicher Ränder unterschiedlicher Phasen, d.h. nicht nur der Verlauf der Wasseroberfläche kann damit beschrieben werden, sondern auch derjenige der beweglichen Sohle.

Zur Modellierung des Sedimenttransports und der Sohle wird als erster Schritt auf die konventionelle Kontinuumsbeschreibung basierend auf einem Schichtenmodell, empirischen Transportformeln und der Exnergleichung zur Bilanzierung zurückgegriffen. Darauf abbauend bieten sich verschiedene Möglichkeiten zur diskreten Repräsentation der Sohle an. Neue Diskretisierungsmethoden wie die „Lattice-Boltzmann“ Methode oder die „Discrete Element Method“ stehen zur Diskussion. Basierend auf ersterer wurde von Masselot und Chopard (1998) erfolgreich ein Schneeverfrachtungsmodell entwickelt. Des Weiteren eignen sich die genannten Methoden zur Implementierung auf Parallelrechnern und wurden diesbezüglich mehrfach erfolgreich angewendet.

Hochwasserschutz Thuner See – Untersuchung des Retentionsverhaltens der Oberländer Seen

Auftrag:
Tiefbauamt des Kt. Bern, OIK I
Projektleiter und Sachbearbeiter:
Dr. R. Fäh

Nachdem das Umfeld der Oberländerseen (Thuner- und Brienzersee) während des Hochwassers vom August 2005 erneut von Überschwemmung betroffen war, wurde der Bau eines Entlastungsstollens bei Thun von einem Teil der politischen Akteure wieder ins Spiel gebracht. Da man sich über dessen Notwendigkeit nicht einig war, wurde die VAW beauftragt, numerische Simulationen zum Retentionsverhalten der Oberländersee durchzuführen.

Gegenstand der Untersuchungen war, wie sich unterschiedliche Betriebsvarianten des geplanten Entlastungsstollens im Vergleich zur heutigen Situation, bei der der Ausfluss des Thunersees nur eingeschränkt reguliert werden kann, auswirken.

Als Randbedingungen sind die Zuflüsse zu den Seen sowie die HQ-Beziehungen, nach denen der Ausfluss des Brienzersees resp. der Durchfluss bei den Aare-Schleusen in Thun reguliert wird, verwendet worden. Die ungemessenen Zuflüsse wurden anhand des Hochwassers 2005 kalibriert. Die Wirkung der vorgesehenen Betriebsvarianten wurde für unterschiedliche Ausgangswasserstände der Seen untersucht.

Die Simulationen haben gezeigt, dass sich die Höchstwasserstände in den Seen mit Hilfe des geplanten Umleitstollens um entscheidende Zentimeter tiefer halten lassen. Der maximale Abfluss der Aare unterhalb von Thun erhöht sich gleichwohl nicht wesentlich. Dies allerdings nur dann, wenn der Entlastungsstollen rechtzeitig in Betrieb genommen wird, was wiederum entsprechende Zuflussprognosen voraussetzt. Im Januar 2006 beschloss der Grosse Rat des Kantons Bern den Entlastungsstollen mit einer Kapazität von 100 m^3/s zu realisieren.

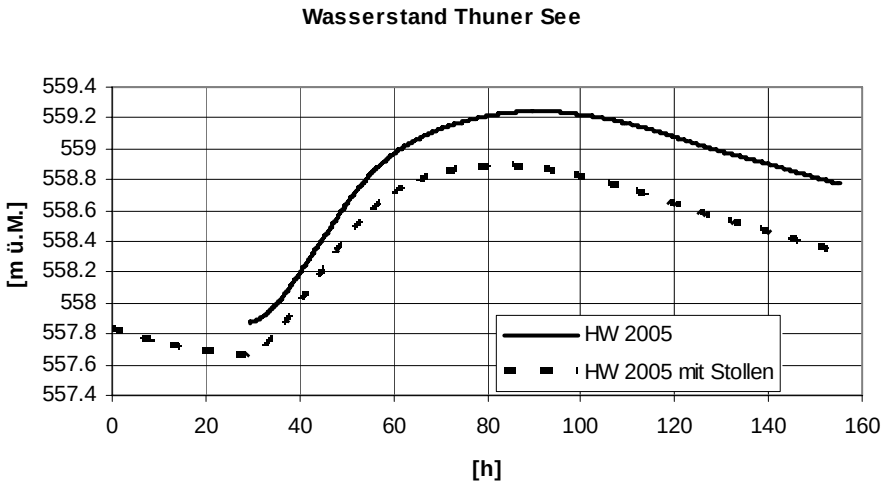


Abb. 38: Verlauf des Wasserstands des Thuner Sees während des Hochwassers vom August 2005. Mit dem geplanten Umleitstollen kann der maximale Seestand um entscheidende Zentimeter tiefer gehalten werden.

Wirkung von Aufweitungen: Untersuchung im numerische Modell

Projekt:
Ereignisanalyse Hochwasser 05
Auftrag:
Bundesamt für Umwelt (BAFU)
Projektleiter:
Dr. R. Fäh
Projektmitarbeiter:
Dr. D. Farshi,
R. Müller,
P. Rousselot

In der Berichterstattung zum Hochwasser vom August 2005 wurden den Aufweitungen eine entscheidende Rolle bei der Verminderung von Hochwasserschäden zugeschrieben. Zum einen wird das auf die Retentionswirkung und zum anderen auf den grösseren Abflussquerschnitt in der Aufweitung zurückgeführt. Grundsätzlich wird zwar eine Hochwasserwelle durch die Retentionswirkung einer Aufweitung gedämpft. Bei den in der Schweiz üblichen Grössenordnungen der Aufweitungen ist dieser Effekt jedoch vernachlässigbar. Geht man von einer fixen Sohle aus, dann wird durch den grösseren Abflussquerschnitt in der Aufweitung der Wasserspiegel abgesenkt und dadurch das Freibord resp. die Hochwassersicherheit erhöht. Wie sich die Situation bei einer beweglichen Sohle darstellt wurde noch kaum untersucht. Die Erfahrungen des Hochwassers 1987 zeigen aber, dass sich die Sohlenlage während des Durchgangs einer Hochwasserwelle in erheblichem Masse verändern kann.

Mit praktikablem technischem Aufwand kann die Bewegung der Sohle während des Hochwassers nicht gemessen werden. Die besten Daten, die allenfalls zur Verfügung stehen, sind Momentaufnahmen des Gerinnes vor und nach dem Hochwasser sowie Hochwasserspuren als Indikator für die Höchststände des Wasserspiegels. Mit Hilfe von numerischen Simulationen wird deshalb versucht, diese Lücke zu schliessen und die nicht messbaren Prozesse nachzuvollziehen.

Am Beispiel der gut dokumentierten Situation der Aufweitung bei Altikon an der Thur soll auf der Basis von tiefengemittelten 1d- und 2d-Modellen das grundsätzliche Verhalten von Aufweitungen beim Durchgang einer Hochwasserwelle analysiert werden. Die Fragestellungen die im Vordergrund stehen sind:

- Die Grenzen der Modellierung von ein- und zweidimensionalen Ansätzen. Hier interessiert insbesondere, ob es massgebliche Unterschiede zwischen einer 1d- resp. 2d-Betrachtung gibt.
- Die Sensitivität von unterschiedlichen Ansätzen zur Bestimmung des Geschiebetriebs.
- Die Dynamik der Sohlenentwicklung während des Durchgangs eines Hochwassers.
- und die Auswirkung der beweglichen Sohle auf die Bestimmung der maximalen Wasserspiegellage.

Erste Simulationen haben gezeigt, dass sich die Entwicklung der Sohle auch mit einem eindimensionalen Ansatz recht gut wiedergeben lässt (Abb. 39).

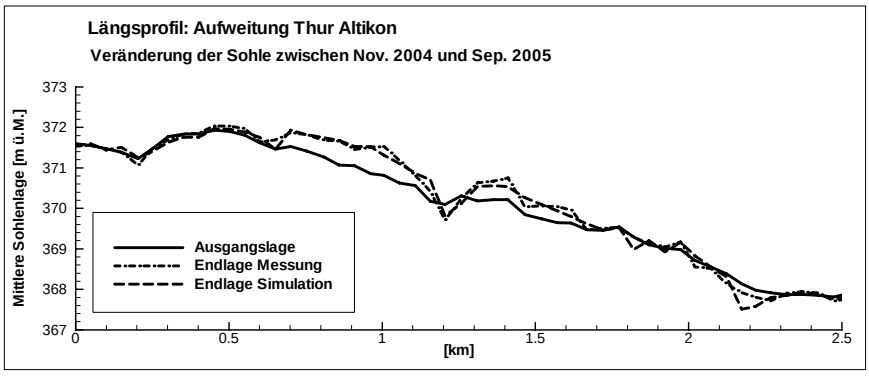


Abb. 39: Aufweitung bei Altikon an der Thur: Veränderung der mittleren Sohlenlage während des Hochwassers vom August 2005. Vergleich zwischen den gemessen Zuständen und einer Simulation, die auf einem eindimensionalen Ansatz beruht.

1.5 Glaziologie

Zur Wirksamkeit der Gletscherabdeckung

Projekt:
VAW in Zusammenarbeit mit Andermatt Gotthard Sportbahnen AG (AGS)
Projektkleiter:
Dr. A. Bauder

Als im Frühjahr 2005 die Andermatt Gotthard Sportbahnen AG beschlossen mit einer Abdeckung der Pistenzufahrt vom Gemsstock auf den Gurschenfirn deren Schmelze im Sommer zu reduzieren, hat dies in den Medien weltweit für grosse Aufmerksamkeit gesorgt. Ähnliche Massnahmen wurden bereits seit einigen Jahren in Skigebieten im Tirol (Österreich) oder an der Zugspitze (Deutschland) und in der Zwischenzeit auch in der Schweiz angewendet. Obwohl es sich bei der Beeinflussung der Schmelze aus Sicht der glaziologischen Forschung um ein bekanntes Phänomen handelt, ergeben sich einige neue Fragestellungen über die genaueren Zusammenhänge und insbesondere die Wirksamkeit von künstlichen Abdeckungen.

Der Zustand einer Schnee-, Firn- oder Eismasse wird bestimmt durch die Akkumulation von Niederschlag in Form von Schnee und der Ablation, also dem Abbau beim Schmelzen und Verdunsten bedingt durch Einstrahlung und Warmluftzufuhr. Von Jahr zu Jahr können Akkumulation und Ablation beträchtlich variieren, hervorgerufen durch Unterschiede in den Witterungsbedingungen. Die Schmelze an der Gletscheroberfläche steht also in direktem Zusammenhang mit der Energiebilanz an der Erdoberfläche und eignet sich deshalb als Indikator, um die Veränderungen dieser festzustellen.

Vor allem auf den gut ausgeaperten Gletscherzungen finden sich im Sommer verschiedene interessante Schmelzformen, die durch Auflagerungen von natürlichen Fremdkörpern wie Gesteinsblöcke, Schutt oder Sand entstehen. Entscheidend dabei für die auftretenden Unterschiede in der Schmelze ist die Mächtigkeit und Ausdehnung der auflagernden Körper. Die wohl bekanntesten Ablationsformen sind die sogennannten Gletschertische, deren Eissockel durch eine überlagernde Gesteinsplatte vor der Sonneneinstrahlung geschützt wird. Denselben Effekt der Schmelzverminderung bewirken auch künstliche Abdeckungen, den sich die Betreiber von touristischen Einrichtungen zu Nutze machen. Bei der Entwicklung und Optimierung von Massnahmen um die Schmelze zu beeinflussen gilt es dabei die Albedo (Rückstrahlvermögen) und die spezifischen Wärmeleitfähigkeit zu berücksichtigen.

Die grossflächige touristische Erschliessung und der Ausbau der Sportanlagen im Alpenraum zwischen den 1960er und 1980er Jahre deckt sich mit einer Periode von Gletschervorstösse oder konstanter Ausdehnung. Seit rund 20 Jahren wird ein starker Schwund der Eismassen verzeichnet und die Bahnbetreiber sind inzwischen zunehmend gefordert, sich den Veränderungen anzupassen. Auswirkungen zeigen sich nicht nur an den zurückschmelzenden Gletscherzungen sondern auch in den Höhenberei-

chen um 3000 m, wo deutliche Dickenverluste entstanden sind. Der Gurschenfirn am Gemsstock hat in der Umgebung der Bergstation während der letzten 20 Jahre rund 20 Meter an Mächtigkeit eingebüsst. Zudem ist die Abfahrtsrampe aus Schnee und Eis, die den Zugang auf den Gletscher und weiter zu den Pisten ermöglicht, in den vergangenen Jahren über den Sommer jeweils massiv zusammengeschmolzen und musste im Frühwinter mit viel Aufwand aus dem ersten Schnee künstlich wieder aufgebaut werden. Während der vergangenen zwei Sommer wurde die Abfahrtsrampe nun mit einem weissen Kunststoff-Vlies (Weiterentwicklung von den im Hoch- und Tiefbau verbreitet eingesetzten Geotextilien) abgedeckt und konnte so fast vollständig konserviert werden. Im Rahmen dieser Arbeiten wurde an einer abgesetzten Testfläche im vorgelagerten flacheren Gelände Messungen der Schmelzrate vorgenommen (Abb. 40).

Abb. 40: Gurschenfirn mit Abfahrtsrampe am Gemsstock Ende September 2005 nach der Entfernung der Abdeckung. Im Vordergrund ist die abgesetzte Testfläche von 9 m x 9 m zu sehen. Der Gletscher ist nahezu vollständig ausgeapert.

Das Resultat am Ende der Schmelzsaison präsentierte sich in beiden Messperioden deutlich sichtbar: unter der Abdeckung blieb ein rund 2 m mächtiger Firn- und Eiskörper übrig, der sich für den Betrachter vom der Umgebung klar abhob. Die durchgeführten Messungen ermöglichen quantitative und detailliertete Aufschlüsse. Im Sommer 2005 schmolz im unbedeckten Teil nicht nur der gesamte Winterschnee sondern auch zusätzlich Eis aus früheren Jahren. Unter der Bedeckung konnte ein Teil des Winterschnees erhalten werden und es resultierte ein Eismassengewinn. Während im Mai 2005 rund 3.5 m Schnee abgedeckt wurde, war

ein Jahr darauf mit 1.7 m Schnee nur die Hälfte vorhanden und es erstaunt wenig, dass im Verlauf der Schmelzsaison mit rund 50% grösseren Schmelzraten auch unter der Abdeckung der gesamte Winterschnee weggeschmolzen ist.

Die Wirkung der Abdeckung war in beiden Sommern gleich, unter der Abdeckung betrug die Schmelze im Vergleich zur unbedeckten Oberfläche nur ein Drittel. Die beiden Messperioden zeigen jedoch die Unterschiede von Jahr zu Jahr deutlich auf: Während im Jahr 2004/05 unter der Abdeckung ein Massengewinn verzeichnet wurde, resultierte im folgenden Jahr selbst unter der Abdeckung ein Verlust. Die in beiden Jahren angetroffenen Ablationsverhältnisse mit nahezu vollständiger Ausaperung am Ende der Schmelzsaison haben für den Gurschenfirn drastische Konsequenzen. Für einen ausgeglichenen Gletscher-Massenhaushalt ist im höher gelegenen Einzugsgebiet ein Massenüberschuss notwendig. Sollten sich solche Verhältnisse über mehrere Jahre aufrechterhalten, ist die weitere Existenz des Gletschers gefährdet. Der Gurschenfirn ist damit kein Sonderfall: die Gletscher der Alpen, die nur knapp 3'000 m ü.M. überschreiten, sind im aktuellen Klima zum Verschwinden verurteilt.

Eine Studie tiefer Gletscherbeben während der Gornerseeausbrüche

Forschungsprojekt SNF
Leitung:
Prof. Dr. M. Funk und Dr. N. Deichmann (Schweizer Erdbebendienst ETH)
Doktorand:
F. Walter

Wie in den vergangenen zwei Jahren wurde im Sommer 2006 ein seismisches Netzwerk auf dem Gornergletscher installiert. Dies war Teil einer umfassenden Feldstudie mit dem Ziel, den Gornerseeausbruch besser zu verstehen.

Das diesjährige Netzwerk bestand aus 15 1Hz Oberflächenseismometern, 6 8Hz Bohrlochseismometern nahe der Oberfläche und 3 28Hz Bohrlochseismometern auf 40m, 150m und 250m Tiefe. Alle Seismometer zeichneten drei Komponenten auf. Die Auswertung der Daten konzentriert sich auf tiefe Eisbeben und deren Beziehung zu den suglazialen hydrologischen Bedingungen, insbesondere während des Seeausbruches. Mit Hilfe eines Frequenzfilters wurden unter den insgesamt 50,000 Signalen etwa 150 tiefe Eisbeben gefunden und anschliessend lokalisiert. Die Mehrheit dieser Beben ereignete sich in der Nähe des Gletscherbettes am nördlichen Rand des seismischen Netzwerkes (Abb. 41).

Wie im Jahr 2004 traten diese Beben hauptsächlich in der Nacht oder den frühen Morgenstunden auf. Diese Tageszeitabhängigkeit wurde mit dem Wasserdruck in einem unweit gelegenen Bohrloch verglichen. Aufgrund der täglichen Schmelze unterlag der Wasserspiegel in jenem Bohrloch Tagesschwankungen von bis zu 100 m. Der Vergleich zeigt, dass

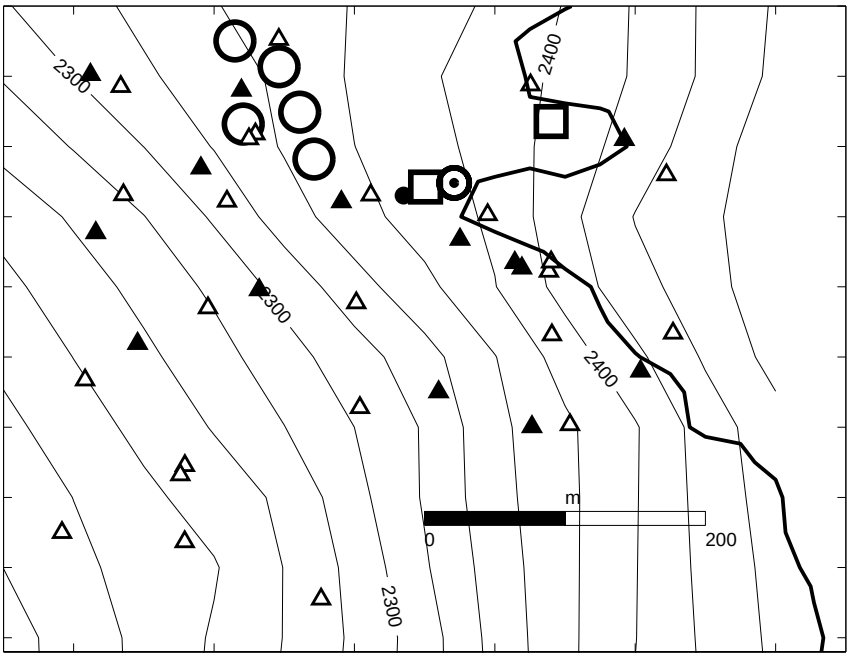


Abb. 41: Übersichtskarte der seismischen Netzwerke 2004 und 2006. Der Seerand ist am rechten Bildrand umrissen. Positionen der Seismometer sind durch Dreiecke dargestellt (hohl für 2004 und gefüllt für 2006). Vierecke bzw. Kreise deuten auf Regionen mit hoher basaler Eisbebenaktivität im Jahr 2004 bzw. 2006. Der Kreis mit Punkt markiert die Seeabflussmühle, und der ausgefüllte Punkt ein Bohrloch mit Drucksensor nahe des Gletscherbettes. Die eingezeichneten Konturlinien entsprechen dem Gletscherbett.

die basalen Eisbeben hauptsächlich zu Tageszeiten auftreten, an denen der Wasserdruck niedrig ist. Zu Beginn des Seeüberlaufens wurden in der Region keine basalen Ereignisse detektiert, obwohl am vorigen Tag dort noch etwa ein Dutzend Beben auftraten. Während des Überlaufens fiel der Druck im Bohrloch in der Nacht nicht ab, sondern blieb auf einem hohen Niveau. Diese Beobachtungen deuten darauf hin, dass der Wasserdruck ein wichtiger Faktor für das Auftreten von basalen Eisbeben ist.

Zusätzlich zu den passiven seismischen Messungen wurden dieses Jahr auch detaillierte aktive seismische Versuche vorgenommen: Zwei Refraktionsauslagen an der Oberfläche und eine vertikale Auslage mit fixiertem Schusspunkt und variablen Seismometerpositionen in einem 120 m tiefen

Bohrloch. Die Auswertung dieser Messungen findet im Rahmen einer Diplomarbeit statt. Erste Ergebnisse zeigen eine oberflächennahe Eisschicht, die sich im Vergleich zu dem darunter liegenden Eis durch langsame seismische Geschwindigkeiten auszeichnet.

Rekonstruktion der Massenbilanz für vier Schweizer Alpengletscher seit 1865

Forschungsprojekt ETH
Projektleiter:
Dr. A. Bauder
Doktorand:
M. Huss

Vor 150 Jahren hatten die Alpengletscher einen letzten Hochstand, die „Kleine Eiszeit“. Seither sind sie stark zurückgegangen und haben rund 50% ihres Eisvolumens verloren. Dies manifestiert sich unter anderem im Rückzug der Gletscherzungen in höhere Lagen. Diese sogenannte Längenänderung wird an vielen Gletschern teilweise seit über hundert Jahren gemessen. Allerdings sind mit diesen Messungen nur indirekt Aussagen über den Einfluss von Klimaveränderungen auf die Gletscher möglich. Viel aussagekräftiger ist die Massenbilanz. Sie setzt sich zusammen aus der Winterbilanz (das Schnee- und Eisvolumen, welches im Winter in Form von Schnee auf den Gletscher fällt) und der Sommerbilanz (das Schnee- und Eisvolumen, welches im Verlauf des Sommers schmilzt). Entspricht die Winterbilanz der Sommerbilanz, ist die Massenbilanz ausgeglichen und der Gletscher verändert seine Form nicht. Die Massenbilanz wird erst seit 1960 im Zuge von wasserwirtschaftlichen Studien an wenigen Gletschern bestimmt, und Winter- und Sommerbilanz sind durch die Messungen kaum aufgelöst.

Im Rahmen dieses Projekts wurden die vier Schweizer Alpengletscher Aletsch, Rhone, Gries und Silvretta untersucht. Die Entwicklung ihrer saisonalen Massenbilanz wurde für 1865-2005 mit Hilfe eines numerischen Modells rekonstruiert. Damit sind detaillierte Aussagen über die Interaktion Klima-Gletscher möglich.

Die Massenbilanz wird mit einem erweiterten Temperatur-Index Modell berechnet. Dieses gitterbasierte, numerische Modell benötigt Lufttemperatur und Niederschlag als Inputdaten. Diese beiden Variablen werden seit 1865 an mehreren Messstationen in der Schweiz aufgezeichnet und sind in täglicher Auflösung erhältlich. Das Modell wird für jeden Gletscher individuell kalibriert. Wichtigste Kalibrierungsparameter sind die Volumenänderungen, welche aus Digitalen Höhenmodellen gewonnen werden. Die Höhenmodelle geben die Geometrie der Gletscheroberfläche in Abständen von 5 bis 50 Jahren wieder und stammen aus photogrammetrischer Auswertung von Luftbildern oder von digitalisierten, historischen Landeskarten. Anschliessend werden die Resultate des kalibrierten Modells mit der gemessenen Schmelze an Pegelstangen und mit dem Abfluss an der Gletscherzunge validiert. Somit können die Modellresultate mit einer Vielzahl von unabhängigen Messparametern in der Validierungsphase kontrolliert werden und rechtfertigen anschliessend

eine Anwendung auf Zeiträume mit weniger Messwerten.

Alle vier Gletscher haben seit 1865 deutlich an Eisvolumen verloren. Die Beträge belaufen sich auf zwischen 32 und 96 Meter mittlerer Eisdicke. Die regionalen Unterschiede zwischen den Gletschern sind beträchtlich. Dies kann teilweise durch die Geometrie der Gletscher, teilweise durch ein anderes Lokalklima erklärt werden. Das Muster des Eisverlustes bleibt ähnlich (Abb. 42 und 43): Es sind zwei 10-jährige Perioden mit ausgeglichenen oder gar positiven Massenbilanzen vorhanden (1910-1920 und 1970-1980, Perioden I und III). Der generelle Trend ist jedoch negativ. In zwei Perioden sind verstärkte Massenverluste abgebildet (1940-1950 und 1995-2005, Perioden II und IV). Die positiven Massenbilanzen in den Perioden I und III sind vor allem durch weniger Schmelze im Sommer begründet. In den stark negativen Perioden II und IV schmolz während des Sommers fast doppelt soviel Eis und Schnee. Bedingt durch die geringen Niederschläge im Winter weist Periode II allerdings eine noch grössere Rate des Massenverlustes auf, als dies in den letzten 10 Jahren beobachtet werden konnte. Dies zeigt, dass der starke Gletscherrückgang in den letzten Jahren nicht absolut neu ist, sondern schon während eines Jahrzehnts in jüngster Vergangenheit statt gefunden hat. Mit dem prognostizierten Temperaturanstieg für die nächsten Jahrzehnte könnten aber auch diese Werte bald übertroffen werden, wie sich im Hitzesommer 2003 angedeutet hat.

Diese Studie zeigt die Entwicklung der Schweizer Alpengletscher seit der „Kleinen Eiszeit“. Die Massenbilanz-Rekonstruktionen geben den Einfluss der beobachteten Klimaveränderungen auf die Gletscher erstmals hochaufgelöst wieder und tragen zum besseren Verständnis der Reaktion der Eismassen bei.

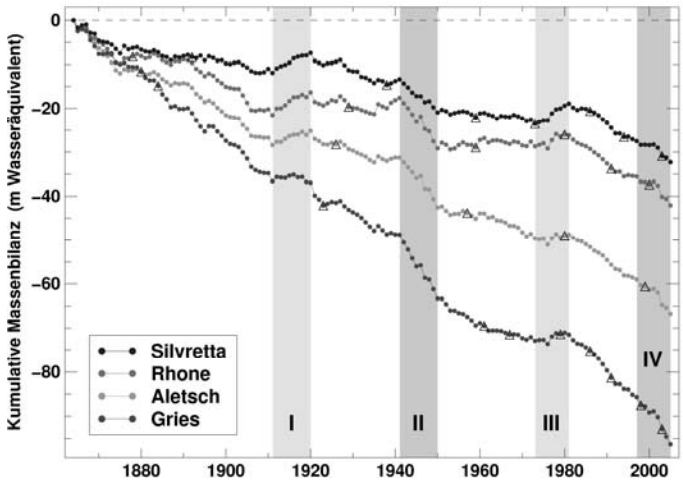


Abb. 42: Rekonstruierte, kumulative Massenbilanz-Reihen der Gletscher Aletsch, Rhone, Gries und Silvretta 1865-2005. Dreiecke bezeichnen die Zeitpunkte, an denen Digitale Höhenmodelle für den jeweiligen Gletscher vorhanden sind.

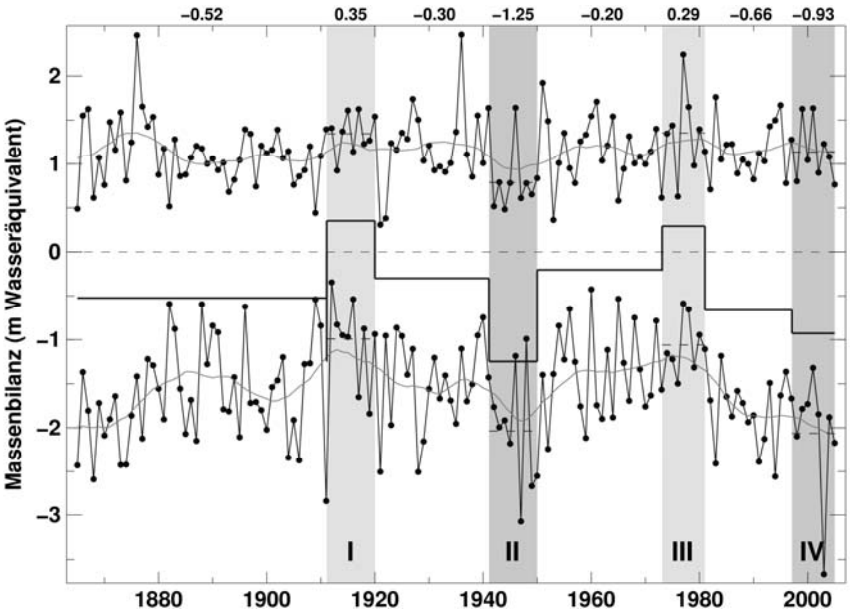


Abb. 43: Gemittelte Winter- und Sommerbilanzen der Gletscher Aletsch, Rhone, Gries und Silvretta. Die Linie in der Bildmitte und die Zahlen geben die mittlere Massenbilanz in Metern Wasseräquivalent in den Perioden I-IV und dazwischen wieder. Die Winterbilanzen (oben) haben sich im letzten Jahrhundert kaum verändert. Dagegen ist die Sommerbilanz (unten) starken Schwankungen unterworfen und verursacht Perioden mit Massengewinnen oder -verlusten.

Wieder eine Überraschung beim Ausbruch des Gornersees

Forschungsprojekt SNF
Projektleiter:
Dr. Martin Lüthi,
Dr. A. Bauder und
Prof. Dr. M. Funk
Doktorand:
M. Werder

Diesen Sommer wurde die dritte Feldkampagne auf dem Gornergletscher durchgeführt (siehe auch Jahresberichte 2004 und 2005). Und wieder hat uns der Gletscher überrascht. Nachdem er im Jahr 2004 wie erwartet auslief sobald das Becken voll war, brach er im Jahr 2005 schon bei einem Drittel des maximalen Seepegels aus. Diesen Sommer hingegen fand kein Seeausbruch statt, sondern ein langsames Entleeren. Der See füllte sich ganz, bis sich am 5. Juli das Wasser oberflächlich einen Weg entlang der Mittelmoräne bahnte und nach 200 Metern in einer Gletschermühle verschwand. Dies hatte zur Folge, dass der See sich viel langsamer entleerte als in den Jahren zuvor. Das Wasser frass sich allmählich eine bis zu 50 Meter tiefe Schlucht in das Eis (Abb. 44). Demzufolge dauerte es mehr als drei Wochen bis der See leer war, statt den üblichen fünf Tagen. Wieso dieser Prozess langsamer ist, soll im folgenden Abschnitt kurz erläutert werden.

Ein "normaler" Ausbruch eines Gletschersee, ein so genannter Jökulhlaup, spielt sich folgendermassen ab: Sobald sich ein kleines Leck im Eisdamm bildet, beginnt das Wasser unter Druck abzufliessen. Für die

Entwicklung einer solchen Röhre (im Fachjargon R-Channel für Röthlisberger Channel) sind zwei Faktoren entscheidend: das Schliessen durch plastische Deformation des Eises und die Erweiterung durch Schmelzen

Abb. 44: Die bis zu 50 Meter tiefe Schlucht welche das Seewasser in den Gletscher gefressen hat.

wegen Reibungswärme und positiven Wassertemperaturen. Unter konstantem Druck ist diese Entwicklung instabil, das heisst entweder schliesst sich das Leck wieder oder es erweitert sich progressiv und führt zum Ausbruch des Sees. Denn die Rate der Röhrenerweiterung hängt direkt vom Durchfluss ab, was zu einem immer schnelleren Auslaufen des Sees führt.

Im Prinzip wäre eine ähnliche Entwicklung auch beim oberflächlichen Abfluss dieses Sommers denkbar. Das Wasser erodierte eine Schlucht ins Eis bis es dann in die Mühle floss. Diese Schlucht war nun der limitierende Faktor. Am Überlauf des Sees steht, im Gegensatz zu vorher, fast nur die Wärmeenergie des Seewassers zum Einschmelzen dieses zur Verfügung und fast keine potenzielle Energie. Aber das Seewasser war zu kalt um zu einem instabilen schnellen Seeabfluss zu führen.

Der experimentelle Aufbau dieses Sommers war mit dem der vorangehenden Jahren zu vergleichen. Darum soll hier nur auf die Neuerungen eingegangen werden, sonst sei auf die beiden letzten Jahresberichte verwiesen. Neu wurden dieses Jahr Inklinometerketten in drei Bohrlöchern installiert. Jede Kette hat sieben Sensoren, welche auf verschiedenen Tiefen die Neigung, Orientierung und Temperatur messen. Pro Bohrloch wurde zuunterst auch ein Drucksensor installiert. Zum ersten Mal

konnte auf diese Weise ein Temperaturprofil der kalten Zone gemessen werden. Die Inklinometer neigen sich fortlaufend mit der Deformation des Bohrlochs. Überraschenderweise wurden auch sehr ausgeprägte tägliche Schwankungen der Inklinometer gemessen, die mit den Änderungen des Wasserdruckes korrelieren (Abb. 45).

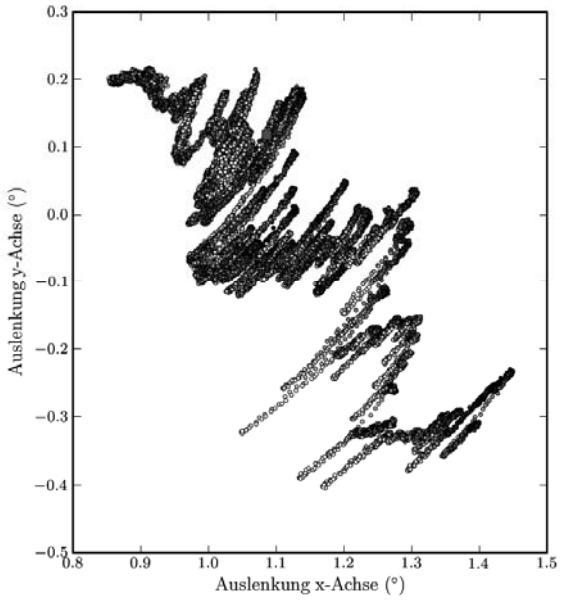


Abb. 45: Bewegung eines Neigungsmessers in einem Bohrloch, 10 Meter über dem Gletscherbett. Dargestellt ist die Spur, die die Spitze der Sonde bezüglich des unteren Endes abfährt. Durch die Eisdeformation wandert die Spitze von oben links nach unten rechts. Überlagert sind tägliche Schwankungen, die mit dem Wasserdruck korrelieren. Bei steigendem Druck bewegt sich die Spitze (in Fliessrichtung) nach rechts, bei fallendem Druck nach links.

Das GPS Vermessungsnetz konnte dieses Jahr von sechs auf neun Stationen erweitert werden, dank der Zusammenarbeit mit Shin Sugiyama von der Hokaido University, Japan. Der Seespiegel, einer der wichtigsten Messgrössen, wurde dieses Jahr zusätzlich mit einem autonomen Drucksensor gemessen, um die Redundanz zu erhöhen. Die seismischen Messungen wurden dieses Jahr wie 2004 in der Nähe des Sees durchgeführt (siehe dazu separater Bericht „Eine Studie tiefer Gletscherbeben während der Gornerseeausbrüche“). Tracer Versuche mit fluoreszierender Farbe wurden wieder eingesetzt, unter anderem um das Einzugsgebiet des Sees zu bestimmen (Abb. 46).

Zur Zeit arbeiten drei Diplomanden am Projekt: Albin Kretz beschäftigt sich mit Massenbilanz- und Abflussmodelierung. Er führt einen Vergleich des Temperaturindexmodels, welches bis anhin benutzt wurde, mit dem

Energiebilanzmodel von Francesca Pellicciotti vom IFU durch. Roger Rüegg kartierte die Strukturen an der Gletscheroberfläche. Um zu verstehen, woher die gut sichtbare Foliation stammt, wurden drei Eisproben herausgesägt und im Labor auf Struktur, Korngrösse, chemische Eigenschaften und Isotopengehalt analysiert. Patrick Riesen arbeitet an einem Eisfliessmodel, welches die Störung durch den Jökulhlaup miteinbezieht.

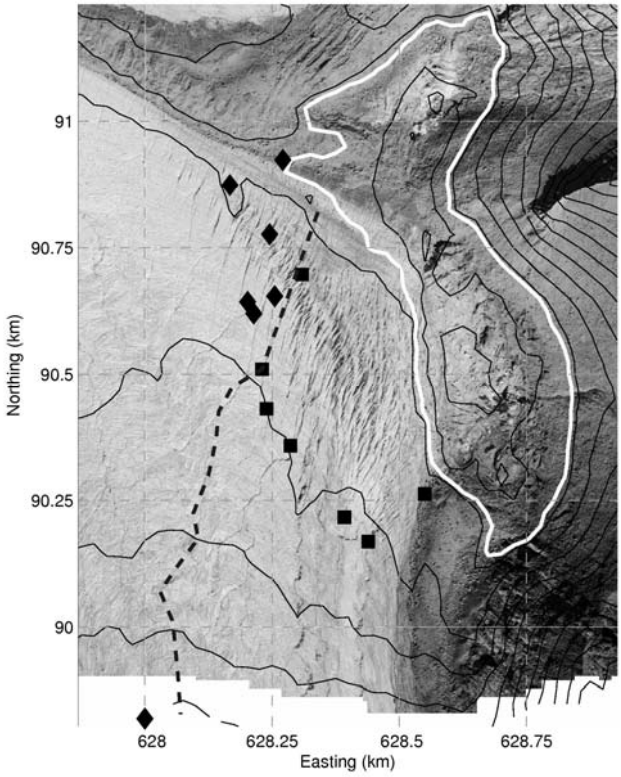


Abb. 46: Die mit ■ markierten Mühlen sind mit dem subglazialen Abflusssystem verbunden, während das Wasser der mit ◊ markierten Mühlen in den See fliesst. Die gestrichelte Linie stellt die Wasserscheide dar. Dies wurde mit Tracerversuchen bestimmt (Umrandung des Sees eingezeichnet).

Zusammenarbeit der VAW mit dem Alfred Wegener Institut Bremerhaven

Projektleiter:
Dr. O. Eisen
Alfred Wegener Institut Bremerhaven,
Gastaufenthalt
2005-2006

Primäres Ziel dieser Zusammenarbeit war die Verbesserung und Anwendung des kinematischen Inversionsmodells (entwickelt an der VAW 2005) auf synthetische Alters-Tiefenverteilungen zur Bestimmung der vertikalen und horizontalen Geschwindigkeitsverteilungen. Besonderes Augenmerk wurde dabei auf die Untersuchung der Lösungsstabilität der Inversion von unterbestimmten Gleichungssystemen gelegt. Es wurde

der Frage nachgegangen, unter welchen Randbedingungen sich ein kinematisches Gleichungssystem (nur Altersgleichung und Massenerhaltung, ohne dynamische oder Kraftgleichungen) noch vernünftig invertieren lässt. In Kooperation mit Dr. Richard Hindmarsh am British Antarctic Survey wird eine erweiterte Anwendung des Modells betrieben.

Ein weiterer Tätigkeitsschwerpunkt von 2006 bestand in der Bearbeitung und Auswertung der 2005 auf dem Gornergletscher mit dem 40 MHz-Bodenradarsystem des Alfred-Wegener-Instituts gemessenen Profile. Ein Vergleich mit Temperaturmessungen in Bohrlöchern erlaubte die Kartierung der Grenzschicht zwischen kaltem und temperiertem Eis (CTS) auf dem Grenzgletscherzweig. Die vielversprechenden Ergebnisse, in Verbindung mit den Erfahrungen mit helikoptergestütztem Radar, führten zu Überlegungen, die CTS mittels Helikopter-Radar zu kartieren. Ein solches Gerät wird routinemäßig für geologische Fragestellungen von der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) in Hannover (D) eingesetzt. Derzeit ist die Vorbereitung eines Kooperationsvertrages in Bearbeitung, der eine gemeinschaftliche Durchführung von Messungen (Radar, Laserscanner-Altimetrie, Thermometrie) auf dem Gornergletscher für das Frühjahr 2008 vorsieht.

2. LEHRE

Die Angaben in diesem Kapitel beziehen sich auf das Studienjahr 2005/2006.

2.1 Professur für Wasserbau und affiliierte Lehraufträge

Lehrveranstaltungen

Minor H.-E., Prof. Dr.-Ing., ordentlicher Professor

Departement für Bau, Umwelt und Geomatik

Wintersemester 2005/2006	Diplomarbeiten im Wasserbau: 7 Diplomierende		
	Semesterarbeiten im Wasserbau: 18 Studierende		
	Seminar für Doktorierende	1 Std.	

Fäh R., Dr. sc. techn.
(Lehrauftrag)
Departement Bau, Umwelt und Geomatik:

Sommersemester 2006	Hydraulische und numerische Modellierung (gemeinsam mit W.H. Hager)	2 Std. Vorlesung	im 8. Sem.

Funk M., Tit. Prof. Dr. sc. nat.,
(Lehrauftrag)
Departement Bau, Umwelt und Geomatik und Departement für Erdwissenschaften:

Wintersemster 2005/2006	Angewandte Glaziologie	2 Std. Vorlesung (zusätzl. Seminar)	im 7. Sem.
Sommersemster 2006	Kleine Projektarbeit: 20 Studierende		

Hager W.H., Tit. Prof. Dr. sc. techn.,
(Lehrauftrag)
Departement Bau, Umwelt und Geomatik:

Sommersemester 2006	Diplomarbeiten im Wasserbau: 1 Diplomand		
Wintersemester 2005/2006	Abwasserhydraulik	2 Std. Vorlesung	im 7. Sem.
Sommersemester 2006	Hydraulische und numerische Modellierung (gemeinsam mit R. Fäh)	2 Std. Vorlesung	im 8. Sem.
	Seminar für Doktorierende	1 Std.	

Volkart P., Dr. sc. techn.
(Lehrauftrag)
Departement Bau, Umwelt und Geomatik:

Wasserbau	4 Std. Vorlesung (zusätzl. Übungen)	im 6. Sem.	**Sommersemester 2006**
Wasserbauliche Systeme	2 Std. Vorlesung (zusätzl. Übungen)	im 8. Sem.	

Zünd B., dipl. Bauing. ETH
(Lehrauftrag)
Departement Bau, Umwelt und Geomatik:

Semesterarbeiten im Wasserbau: 11 Studierende			**Sommersemester 2006**
Projekte im Wasserbau (gemeinsam mit R. Sigg)	2 Std. Vorlesung (zusätzl. selbständige Arbeit)	im 8. Sem.	

Ammann W., Dr. sc. techn.
(Lehrauftrag)
Departement Bau, Umwelt und Geomatik
und Departement für Erdwissenschaften:
2. Sem.-Hälfte:

Schnee, Lawinen, Schutzkonzepte	2 Std. Vorlesung (zusätzl. Übungen)	im 6.und 8. Sem.	**Sommersemester 2006**

Bezzola G.R., Dr. sc. techn.
(Lehrauftrag)
Departement Bau, Umwelt und Geomatik
und Departement für Erdwissenschaften:

Flussbau	2 Std. Vorlesung (zusätzl. Übungen)	im 7.und 9. Sem.	**Wintersemster 2005/2006**

Jäggi M., Dr. sc. techn.
(Lehrauftrag)
Departement Bau, Umwelt und Geomatik:

Flussmorphologie und naturnaher Wasserbau	2 Std. Vorlesung (zusätzl. Übungen)	im 8. Sem.	**Sommersemester 2006**

Sigg R., dipl. Bauing. ETH
(Lehrauftrag)
Departement Bau, Umwelt und Geomatik:

Projekte im Wasserbau (gemeinsam mit B. Zünd)	2 Std. Vorlesung (zusätzl. selbständige Arbeit)	im 8. Sem.	**Sommersemester 2006**

Exkursionen im Rahmen der Professur für Wasserbau

Exkursionen im Wintersemester 2005/2006

24.10.05 Diplomarbeitsexkursion:
Besichtigung der Kraftwerke Emosson. Teilnehmer: Assistenz und 2 Diplomierende des Studiengangs Bauingenieurwissenschaften.

3.11.05 Semesterarbeitsexkursion:
Begehung des Taschinasbaches im Hinblick auf das Kleinkraftwert-Projekt, Besichtigung des KW Schlappin. Teilnehmer: R. Baumann, Raetia Energie, Assistenz und 16 Studierende.

23.01.06 Exkursion im Fach Angewandte Glaziologie:
Besichtigung der Forschungsstation auf dem Jungfraujoch. Teilnehmer: Prof. Dr. M. Funk, Dr. A. Bauder, Assistenz und 37 Studierende aller Studiengänge des Departements Bau, Umwelt und Geomatik sowie des Departements Erdwissenschaften.

Abb. 47: Exkursion Angewandte Glaziologie (23.01.06): Prof. Funk führt die Exkursion durch den Gletscherstollen.

16.01.06 Exkursion im Fach Flussbau:
Besichtigung der Revitalisierung und der Hochwasserschutzmassnahmen am Zürcher Teil der Thur im Raum Andelfingen. Teilnehmer: Dr. M. Oplatka, AWEL, Dr. G.R. Bezzola, Assistenz und 22 Studierende aller Studiengänge des Departements Bau, Umwelt und Geomatik sowie des Departements Erdwissenschaften.

Exkursionen im Sommersemester 2006

25.04.06 Exkursion im Fach Wasserbauliche Systeme:
Besichtigung des Kernkraftwerks Gösgen. Teilnehmer: Dr.

P. Volkart, Assistenz und 26 Studierende des 8. Semesters des Studiengangs Umweltingenieurwissenschaften.

Abb. 48: Exkursion Wasserbau (12.05.06): Herr Schwyzer, der Vertreter des Bauherrn, erläutert die Bauarbeiten im Kraftwerk Rheinfelden.

12.05.06 Exkursion im Fach Wasserbau:
Besichtigungen der Baustellen des Kraftwerks Rheinfelden und des Hochwasserrückhaltebeckens Jonenbach bei Affoltern am Albis. Teilnehmer: Dr. P. Volkart, Assistenz und 32 Studierende aller Studiengänge des Departements Bau, Umwelt und Geomatik.

Diplomarbeiten

Wintersemester 2005/2006

Patrick Furrer: Pumpspeicherwerk Nant de Drance (Betreuung: A. Koschni).

Markus Rindlisbacher: Pumpspeicherwerk Nant de Drance (Betreuung: A. Koschni).

Marius Junker: Kolktiefen in Wildbächen - Natur und Modell (Betreuung: Dr. R.B. Weichert).

Esther Rühli: Aufgelöste unstrukturierte Blockrampen - Experimentelle Untersuchung (Betreuung: T. Janisch).

Anina Schiess Zamora: Vorbelüftung von Treppenschussrinnen (Betreuung: Prof. Dr. W.H. Hager, M. Pfister).

Simona Tamagni: Aufgelöste unstrukturierte Blockrampen - Experimentelle Untersuchung (Betreuung: T. Janisch).

Francis Steiner: Experimental study on granular debris flows (Betreuung:

Allen Bateman, durchgeführt an der UPC (Universitat Polytècnica de Catalunya, Barçelona).

Sommersemester 2006

Lukas Schmocker: Belüftungs-Eigenschaften von Skisprüngen (Betreuung: Prof. Dr. W.H. Hager, M. Pfister).

Semesterarbeiten

Wintersemester 2005/2006

Die Semesterarbeit des Wintersemester 2006 befasste sich mit dem Neubau eines Kleinkraftwerks am Taschinasbach im Prättigau. Nach der Aufarbeitung der Grundlagen waren zuerst verschiedene Konzepte zu entwerfen. Das Bestkonzept war dann in einem Variantenstudium und in einem Vorprojekt weiter zu verfolgen. 16 Studierende, aufgeteilt in Zweiergruppen, beteiligten sich an dieser Arbeit. – Zwei weitere Studierende absolvierten ihre Semesterarbeit an der RWTH Aachen. Sie analysierten das Verhalten der Hochwasserentlastung der Ruhrtalsperre in der Eifel im Überlastfall.

Sommersemester 2006

Im Sommersemester 2006 standen drei Semesterarbeitsthemen zur Wahl, welche von 11 Studierenden bearbeitet wurden. Eine Zweier- und eine Dreiergruppe befassten sich mit der Planung des Pumpspeicherwerks Nant de Drance in den Anlagen der Kraftwerke Emosson im Wallis. Die Planung umfasste, analog zur Arbeit im Wintersemester, den gesamten Weg vom Grundlagenstudium bis zum Vorprojekt.

Zwei weitere Dreiergruppen bearbeiteten je ein aktuelles Hochwasserschutzprojekt: den Rheintaler Binnenkanal im Raum Widnau sowie die Engelberger Aa in Engelberg. Zuerst waren die erforderlichen Grundlagen zu erarbeiten. Auf diesen basierend, arbeiteten die Studierenden mehrere Varianten aus und schlugen eine Bestvariante vor.

Von der Professur herausgegebene Vorlesungstexte

Skripte

Minor: Wasserbau (Wasserbau I und Wasserbau II)	Textbuch
Bezzola: Flussbau	Textbuch
Volkart: Wasserbauliche Systeme	Textbuch
Fäh: Numerische Modellierung von Fliessgewässern	Textbuch
Minor, Willi: Hochwasserschutz	provisorisch
Minor: Projekte im Wasserbau	provisorisch
Funk: Angewandte Glaziologie	provisorisch

2.2 Lehraufträge für Glaziologie an der ETHZ

Departemente Erdwissenschaften (D-ERDW)) und Mathematik-Physik (D-MATH, D-PHYS)			**Wintersemester 2005/2006**
Seminar in Glaziologie A. Bauder	1 Std.	7. Sem.	
Kryoshpere M. Funk, H. Blatter	2 Std.	5. Sem.	
Glaziologie: Selbständige Arbeiten oder Praktikum A. Bauder, H. Bösch, M. Funk, M. Hölzle	2 Std.	5./7. Sem.	

Departemente Erdwissenschaften (D-ERDW) und Mathematik-Physik (D-MATH, D-PHYS)			**Sommersemester 2006**
Physik der Gletscher M. Funk, H. Gudmundsson	3 Std. Vorlesung (zusätzl. Übungen)	4.- 8. Sem.	
Selbständige Arbeiten oder Praktikum Glaziologie A. Bauder, H. Bösch, M. Funk, M. Hölzle	2 Std. / 8 Feldtage	6./ 8. Sem.	

Diplomarbeiten

A. Loye, Evolution of the drainage system during a Jökulhlaup as revealed by dye tracer experiments (Betreuer: M. Werder)	**Wintersemester 2005/2006**
Stefan Spichtig, Photogrammetrische Bewegungsmessungen mittels Grauwertkorrelation: Eine Fallstudie am Unteraargletscher (Betreuer: A. Bauder)	

Semesterarbeiten

Patrick Riesen "Radarmessungen auf dem Gornergletscher" Ferdinand Birkmayer "Bewegungsmessungen auf dem Gornergletscher"	**Wintersemester 2005/2006**
Valentin Gischig – Tiefenabhängigkeit der seismischen Geschwindigkeiten auf dem Gornergletscher	**Sommersemester 2006**

2.3 Master of Advanced Studies MAS in „Water Resources Management and Engineering“ gemeinsam mit dem LCH der EPFL in Lausanne

Wintersemester 2005/2006 MAS EPFL/ETHZ

Minor H.-E., Prof. Dr.-Ing., ordentlicher Professor

Appurtenant Structures	12h
Planning Phases	4h

2.4 Diverses

Gastprofessur

Minor H.-E., Prof. Dr.-Ing.

Gastprofessor 24.4.06 - 12.5.06
Seconda Università di Napoli, Aversa, Italien.
Vorlesungen:

High Velocity Flow	2h
Appurtenant Structures	4h
Planning of Large Hydraulic Structures	4h

Gastprofessur

Minor H.-E., Prof. Dr.-Ing.

Gastprofessor 17.7.06 - 12.8.06
Indian Institute of Technology, Roorkee, Indien.
Vorlesungen:

Short Term Course on Sediment Management and Hydropower Projects	7. - 9.8.06

Vorträge:

High Velocity Flow	2h
Planning and Realization of Large Hydropower Projects	2h
Civil Engineering Studies at ETH Zurich	2h

Editor

Hager W.H., Prof. Dr.

Editor, Journal of Hydraulic Research, IAHR
seit 01.09.2006

3. VERANSTALTUNGEN

3.1 Workshop „Flussaufweitung – Möglichkeiten und Grenzen“

Am 4.Oktober 2006 fand an der VAW der Workshop „Flussaufweitungen-Möglichkeiten und Grenzen“ statt. Ziel dieser Veranstaltungen war es, Fachleute aus dem In- und Ausland zusammenzubringen, um sich über diese aus flussbaulicher Sicht aktuelle Fragestellung auszutauschen und darüber zu diskutieren. Ein weiteres Ziel bestand darin, den derzeitigen Stand des Wissens im Themengebiet der Flussaufweitungen zu dokumentieren. Dieses geschieht in Form der VAW-Mitteilungen 200, die Anfang 2007 vorliegen wird. Nachdem Prof. Minor die 50 anwesenden Gäste begrüsste, wurde von Dr. Weichert von der VAW ein Einführungsvortrag gehalten, in dem über die Ziele, die bei der Realisierung von Flussaufweitungen im Vordergrund stehen, gesprochen wurde. Im Anschluss folgten die Vorträge der Fachpersonen, die am Ende der Veranstaltung sehr angeregt diskutiert wurden.

3.2 Workshop „Blockrampen – Anforderungen und Bauweisen“

Die Nachfrage an gewässerökologisch verträglichen Lösungen für Massnahmen zur Stabilisierung einer Flusssohle ist in den letzten Jahren stark gestiegen. Dieser Forderung wird u.a. mit der Entwicklung und Realisierung von aufgelösten Blockrampen entsprochen. Zu diesem flussbaulich aktuellen Thema fanden sich am 5.Oktober 2006 an der VAW 50 Fachexperten zu einem Workshop ein. In Analogie zu der am Tag zuvor durchgeführten Veranstaltung war das Ziel, Forscher und Ingenieure aus dem In- und Ausland zusammenzubringen, um über die neuesten Erkenntnisse in diesem Fachgebiet zu sprechen. Im Anschluss an die Fachvorträge konnten sich die Teilnehmer im Rahmen einer intensiven Diskussion zu den ökologischen und technischen Fragen beim Bau von Blockrampen austauschen. Die Dokumentation dieses Workshops lässt sich ab Anfang 2007 in der VAW-Mitteilung 201 finden.

Abb. 49: Am Ende der Veranstaltung fasst Prof. Minor die Erkenntnisse des Workshops „Blockrampen- Anforderungen und Bauweisen“ zusammen.

3.3 Workshop „Numerische Modellierung von Naturgefahren mit dem Softwaresystem BASEMENT“

Das im Rahmen des „Modul III: Flussgebietsmodellierung“ des „Rhone-Thur“ Projekts erstellte Softwaresystem BASEMENT hat nach vier Jahren Entwicklungsarbeit den Stand zur Veröffentlichung erreicht.

Als Abschlussveranstaltung wurde am 6. Oktober an der VAW ein Einführungs-Workshop durchgeführt. Nahezu 80 Teilnehmer bekundeten ihr Interesse an „BASEMENT“ und trugen zu angeregten Diskussionen bei. Im Rahmen des Workshops wurden ebenfalls die Software und die dazugehörige Dokumentation der Öffentlichkeit zugänglich gemacht. Das Computerprogramm „BASEMENT“ und die Handbücher können kostenlos unter www.basement.ethz.ch bezogen werden oder können als Druckversion mit illustriertem Ringordner zum Selbstkostenpreis per Email (basement@ethz.ch) bestellt werden (Abb. 50).

Abb. 50: Manual für das am Workshop vom 6. Oktober 2006 lancierte Softwaresystem.

3.4 Weiterbildungskurs „Fluviale Prozesse in der Geomorphologie“, Samedan

Im Auftrag der Schweizerischen Geomorphologischen Gesellschaft (SGmG) organisierte die VAW einen Weiterbildungskurs für Sekundarschullehrer, der vom 21.-23.September 2006 im Oberengadin stattfand. Die Ausschreibung fand reges Interesse, sodass schliesslich die maximale Teilnehmerzahl auf 20 Personen begrenzt werden musste. Das Ziel dieses Kurses war anhand von praktischen Beispielen die grosse Bandbreite fluvialer Prozesse und ihrer Konsequenzen für die Geomorphologie wie auch für die Beurteilung von Naturgefahren zu vermitteln. Die erste Exkursion führte die Teilnehmer nach Pontresina, wo Dr. Felix Keller von der Academia Engiadina den Einfluss der Klimaerwärmung auf die Permafrostentwicklung, sowie deren Auswirkungen für das Auftreten von Murgängen anhand der Besichtigung der Murgangverbauung am Schafberg zeigte (Abb. 51).

Abb. 51: Besichtigung der Murgangverbauung am Schafberg in Pontresina.

Am darauffolgenden Freitag stand dann zunächst eine Wanderung entlang des Gletscherlehrpfads Morteratsch mit Prof. Max Maisch von der Universität Zürich auf dem Programm. Am Nachmittag wurde dann von Dr. Alex Blass von der EAWAG über den aktuellen Stand der Seenforschung (Rekonstruktion des Klimas anhand der Analyse von Bohrkernen aus den Oberengadiner Seen) berichtet. Am Samstag führten die Exkursionen die Teilnehmer an den Flaz, wo Tanja Janisch von der VAW über das Hochwasserschutzprojekt für das Dorf Samedan informierte. Zum Abschluss wurde eine Renaturierungsmassnahme am Inn besucht. Vorträge an den jeweiligen Abenden zu den Themengebieten rundeten das Programm ab.

3.5 Jahresversammlung GESINUS

Die Jahresversammlung der „German-Sino Group of Unsteady Sediment Transport“ fand am 27./28. Juli an der VAW statt. Zu diesem Zweck sind 20 Fachexperten aus dem In- und Ausland angereist und haben aktuelle flussbauliche Fragestellungen zum Thema Sedimenttransport diskutiert.

3.6 Öffentliche Kolloquien an der VAW

Sommersemester 2006

04.04.06 Ortmanns, Ch., Dr.sc. techn.
Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie (VAW), ETH Zürich
„Neue Erkenntnisse zu Entsandern“

09.05.06 Malcherek, A., Prof. Dr.-Ing. habil. Dipl.-Phys.
Institut für Wasserwesen, Bundeswehruniversität, München
„Dreidimensionale morphodynamische Simulation von Feststofftransport“

13.06.06 Bergmeister, U.
Internationale Rheinregulierung, Lustenau, Österreich
Kalt, L.
Tiefbauamt St. Gallen
„Entwicklungskonzept Alpenrhein“

04.07.06 Schaupp, A.
Wasserwirtschaftsamt Kempten
„Hochwasserschutz Obere Iller. Realisierung und Betrieb eines gesteuerten Polders“

Wintersemester 2006/2007

24.10.06 Weichert, R.B., Dr.sc. techn.
Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie (VAW), ETH Zürich
„Sohlenmorphologie und Stabilität von Wildbächen“

21.11.06 Müller, U.
IM Ingegnieria Maggia, Locarno
„Das Hochwasserschutzprojekt Urner Talboden“

05.12.06 Hager, W.H., Prof. Dr.
Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie (VAW), ETH Zürich
„Kolke im Wasserbau"

19.12.06 Henschel, B.
Bundesanstalt für Wasserbau, Karlsruhe
„System zur optischen Vermessung von veränderlichen Sohlformen, Wasserspiegellagen und Fliessgeschwindigkeiten in hydraulischen Modellen“

09.01.07 Minor, H.-E., Prof. Dr.-Ing.
Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie (VAW), ETH Zürich
„Erfahrungen mit dem Betrieb der Wasserkraftanlage Nathpa Jakhri in Indien sowie dem ersten Aufstau der WKA Tehri, Indien“

	23.01.07	Schleiss, A., Prof. Dr. Laboratoire de constructions hydrauliques, EPFL, Lausanne „Vorhersage und Bewältigung von Hochwasser im Rhonetal im Kanton Wallis unter Berücksichtigung des optimalen Betriebes der Speicherkraftwerke – Forschungsprojekt MINERVE“

3.7 Seminar für Doktorierende an der VAW

Sommersemester 2006	15.05.06	Martin Wickenhäuser Entlüftungseinrichtungen von Druckstollen
	22.05.06	Daniela Lange Schwemmholz
	19.06.06	Bert Putzar Datenbank zur morphologischen Entwicklung in Flussaufweitungen
	03.07.06	Tanja Janisch-Breuer Flussbauliches Monitoring am Flaz – Untersuchungen an einem Naturmodell
	10.07.06	David Vetsch Numerische Modellierung von Fliessgewässern und Sediment-transport mit BASEMENT
Wintersemester 2006/2007	20.11.06	Dr. Roman B. Weichert Blockrampen an der Landquart
	04.12.06	Valentin Heller Impulswellen
	11.12.06	Adriano Lais Baustellenbesuch HPP Karahnjukar
	18.12.06	Thomas Berchtold Entlandung Stausee Solis
	08.01.07	Marius Junker HWS Urner Talboden – Modellversuche Schächen
	22.01.07	Patricia Requena Seitenerosion: Quantifizierung der Erosionsgeschwindigkeit

4. PERSONELLES

Besondere Ereignisse

Dienstjubiläen

Bauder, Andreas	November	10 Jahre
Lörtscher, Roger	Februar	5 Jahre
Rohrer, Andreas	Oktober	20 Jahre

Eintritte

Putzar, Bert, wiss. Mitarbeiter	01.01.2006
Faillettaz, Jérome, Dr.	01.02.2006
Junker, Marius Bertrand, Dipl. Geomatiking. ETH	13.03.2006
Rühli, Esther Dorette, Dipl. Bauing. ETH	01.03.2006
Lüthi, Martin Peter, Dr. sc.nat. ETH	01.03.2006
Schmocker, Lukas, Dipl. Bauing. ETH	01.09.2006
Seitz, Peter, Dipl.-Ing. Univ. (TU München)	01.07.2006
Rinderer, Karin, Sekretärin	01.10.2006

Austritte

Schwerzmann, Aurel, Dr., wiss. Mitarbeiter	31.01.2006	
Koschni, Anja, wiss. Mitarbeiterin	28.02.2006	
Rousselot, Marie, Dr., wiss. Mitarbeiterin	28.02.2006	
Marchand, Madeleine, Sekretärin	31.03.2006	
Marti, Christian, Dr., wiss. Mitarbeiter	31.03.2006	
Keller, Urs, Dr., wiss. Mitarbeiter	30.04.2006	
Sigg, Hansjürg, wiss. Mitarbeiter	30.06.2006	
Volkart, Peter, Dr., wiss. Mitarbeiter	31.08.2006	**Pensionierung**

Abschluss von Doktorarbeiten

Promotionen

Ortmanns, Christoph, "Entsander von Wasserkraftanlagen",
Referent: Prof. Dr.-Ing. H.-E. Minor,
Korreferenten: Prof. Dr.-Ing. J. Köngeter, Dr. P. Volkart

Rousselot, Marie, "A combined field and laboratory study of clast ploughing",
Referent: Prof. Dr.-Ing. H.-E. Minor,
Korreferenten: Dr. U.H. Fischer, Prof. Dr. N.R. Iverson

Unger, Jens, "Strömungscharakteristika um kreiszylindrische Brückenpfeiler. Anwendung von Particle Image Velocimetry in der Kolkhydraulik",
Referent: Prof. Dr.-Ing. H.-E. Minor,
Korreferenten: Prof. Dr.-Ing. habil. U.C.E. Zanke, Prof. Dr. W.H. Hager

Keller, Urs, "Intermittent flow in hydraulic conduits",
Referent: Prof. Dr.-Ing. H.-E. Minor,
Korreferenten: Prof. Dr. G. Heigerth, Dr. P. Volkart

Marti, Christian, "Morphologie von verzweigten Gerinnen. Ansätze zur Abfluss-, Geschiebetransport- und Kolktiefenberechnung",
Referent: Prof. Dr.-Ing. H.-E. Minor,
Korreferenten: Prof. Dr. Th. Strobl, Dr. G.R. Bezzola

Akademischer Gast

Prof. Dr. S. Pagliara, Università di Pisa, Italien, 22.01.-04.03.2006

Sonstiges

Ehrungen

Dr. Olaf Eisen gewann das SCAR Research Fellowship 2006/07 des Scientific Committee on Antarctic Research (SCAR), Cambridge, UK.

Prof. Dr. Willi H. Hager wurde mit dem 2006 Borland Lecture Award Hydraulic Engineering der State University, Fort Collins, USA, geehrt.

Matthias Huss gewann den ersten Preis für "The best poster presentation by a student", International Glaciological Society, Cambridge, UK.

Dr. Antoine Pralong wurde mit der ETH Medaille ausgezeichnet.

Patric Rousselot erhielt den Willi-Studer Preis für seine Diplomarbeit.

Dr. Roman B. Weichert erhielt für seine Dissertation den Forschungspreis PLANAT (Plattform Naturgefahren), Bern.

Patrick Furrer gewann den Maggia-Preis für sein ETH Diplom.

Francis Steiner erhielt den Hatt-Bucher-Preis (3. Rang) für sein ETH Diplom.

ANHANG

A.1. Grundlagenforschung

Hydraulik

Projekte 'Hydraulik'

Air transport in chute aerators

History of hydraulics

Impulse waves

Scour at bridge piers

Konstruktiver Wasserbau

Projekte 'Konstruktiver Wasserbau'

De-aeration of large conduits by structural and hydraulic means

Systematic research on fluidic improvements of desilting chambers of hydropower plants

Transition from free surface to pressurized flow in large closed conduits

Flussbau

Projekte ‘Flussbau’

Bed morphology and stability in steep open channels

Management of driftwood during floods

Morphological dynamics in braided rivers

Self-widening of gravel bed rivers by lateral erosion

Stability of block ramps

Nature-oriented river stabilisation measures

Angewandte Numerik

Projekte ‘Angewandte Numerik’

Dreidimensionale numerische Simulation von Geschiebetransport

Numerische Simulation von Deichbrüchen

Die Seitenerosion im numerischen Modell

Glaziologie

Projekte ‘Glaziologie’

Flow modelling of firn-covered cold glaciers

Glacier outburst floods: A study of the processes controlling the drainage of glacier-dammed lakes

Glaciological and hydraulic investigations in connection with the danger of ice avalanches falling in a recently formed proglacial lake

Glaciological investigations at Glacier du Giétro and Glacier de Corbassière

Mass balance studies on Griesgletscher and Silvrettagletscher

Monitoring changes of Allalingletscher in connection with the danger of large ice falls from its tongue

Swiss glacier monitoring network

The role of basal control on the flow of the Rutford Ice Stream, West Antarctica: An inverse modeling approach

Variations of Grosser Aletschgletscher

Regional differences of mass balance and their impact on the past and future evolution of glaciers in Switzerland

Understanding the causes and future direction of the present thinning of Jakobshavn Isbrae, Greenland

A.2 Angewandte Forschung

Konstruktiver Wasserbau

Aufträge 'Konstruktiver Wasserbau'

Landsvirkjun, National Power Company of Iceland:
Kárahnjúkar Hydroelectric Project, Iceland
Modellversuche zur Hochwasserentlastungsanlage (abgeschlossen)

Landsvirkjun, National Power Company of Iceland:
Kárahnjúkar Hydroelectric Project, Iceland
Modellversuche zum Einlaufbauwerk des Jökulsá Diversion Tunnel (abgeschlossen)

Vorarlberger Illwerke AG:
Kopswerk II, Peltonturbinen im Gegendruckbetrieb, Modellversuche zur Entlüftungsproblematik (abgeschlossen)

Vorarlberger Illwerke AG:
Kopswerk II, Entlüftungseinrichtungen der Unterwasserführung, Beratung

Kraftwerk Eglisau-Glattfelden AG:
KW Eglisau, Modellversuche zur Einlaufwirbelproblematik (abgeschlossen)

ewz Elektrizitätswerk der Stadt Zürich:
Stausee Solis, Modellversuche zur Entlandung des Stausees

Mediterranea delle Acque S.p.a., Genova:
Val Noci Talsperre, Hydraulische Modellversuche zur Optimierung der Hochwasserentlastung mit Schachtüberfall

Rätia Energie:
KW Küblis, Lufteinschlüsse in der Druckleitung, Beratung (abgeschlossen)

Elektrizitätswerk St. Moritz:
Umbau KW Islas, Luftproblematik im Drucksystem, Beratung

Nordostschweizerische Kraftwerke AG NOK:
KW Rüchlig, Geschiebedurchgängigkeit Hochwasserentlastungskanal, Beratung (abgeschlossen)

Kraftwerke Mattmark AG:
Entsander Schwaiben, Beratung (abgeschlossen)

Schweiz. Wasserwirtschaftsverband:
Kraftwerksbedingter Schwall und Sunk, Studie in Gemeinschaft mit LCH-EPFL (abgeschlossen)

EWZ, Zürich:
Rückgabe von Eiswasser in See, Beratung in Gemeinschaft mit Abt. Glaziologie (abgeschlossen)

Ing. Büro WSA, Zürich:
Unterdükerung Limmat und Sihl durch Abwasserleitungen, Beratung (abgeschlossen)

Tiefbauamt Kt. Bern:
Aquawet Gümlingen, Reinigungsanlage für Strassenwasser, Beratung (abgeschlossen)

Eicher AG, Langenthal
Rollwellen in Sammelkanal und Messung des Überlaufs am Siebrechen, Beratung (abgeschlossen)

KW Flims AG
Verlandung Ausgleichsbecken Laax, Beratung (abgeschlossen)

ARA Illnau-Effretikon
Durchflussmessung auf der ARA Mannenberg, Expertise (abgeschlossen)

Benz Ingenieure AG, Zürich
Messschacht, Beratung (abgeschlossen)

Eicher AG, Belp
Könizbach, Sulgenrain, Beratung (abgeschlossen)

Porta und Partner, Brugg
Entlastungsleitung Regenbecken, Beratung (abgeschlossen)

Hunziker AG, Winterthur
Zulauf ARA Luzern, Beratung (abgeschlossen)

Hunziker AG, Winterthur
Sammelkanal mit Spezialprofil, Beratung (abgeschlossen)

Tiefbauamt der Stadt Zürich:
Projekt Haldenbachstrasse / Weinbergfussweg, Steilleitung u. Vereinigungsbauwerk, Beratung (abgeschlossen)

Flussbau

Aufträge 'Flussbau'

Bundesamt für Umwelt:
Integrale Studie zur Schwemmholzproblematik

Bundesamt für Umwelt:
Flussbauliches Monitoring am neuen Flaz, Samedan, Kt. Graubünden

Bundesamt für Umwelt:
Tiefbauamt des Kantons Graubünden
Tiefbauamt des Kantons Bern, Kreisoberingenieur IV
Amt für Wasser, Energie und Luft, Zürich
Amt für Umwelt des Kantons Thurgau
Dipartimento del Territorio, Kanton Tessin:
Auswertung von Naturdaten von Flussaufweitungen in der Schweiz

Dienststelle für Strassen- und Flussbau, Kanton Wallis
Beurteilung verschiedener Rampenlösungen im Rotten bei Mörel, Kt. Wallis

Amt für Jagd und Fischerei, Kanton Graubünden
Modellversuche zu Blockrampen in der Landquart

Amt für Tiefbau, Kanton Uri
Modellversuche zum Hochwasserschutzprojekt Urner Talboden

Fondazione di Magadino
Beurteilung von Renaturierungsmassnahmen an der Ticinomündung

Bundesamt für Umwelt
Ereignisanalyse 2006
Teilprojekte:
- Beurteilung der Wirksamkeit von Geschiebesammlern und Blockrampen
- Beurteilung der Wirksamkeit von Flussaufweitungen
- Schwemmholzanalyse

Linthverwaltung:
Modellversuche Escherkanal, Flussaufweitung Chli Gäsitschachen

Tiefbauamt der Stadt Bern
Modellversuche für eine Schwemmholzleiteinrichtung an der Mattenschwelle in Bern

BKW FMB Energie AG
Beurteilung der Auswirkung des Umbaus des Kraftwerks Hagneck auf den Sedimenteintrag in den Bieler See

Bundesamt für Umwelt:
Beratung bei der Projektierung von Rückhaltemassnahmen für Schwemmholz in der Kleinen Emme und der Reuss

Bundesamt für Umwelt:
Modellversuche zur Messstation Schächen-Bürglen

Angewandte Numerik

Aufträge 'Angewandte Numerik'

Bundesamt für Wasser und Geologie:
Flussgebietsmodellierung: im Rahmen des interdisziplinären Projektes „Nachhaltiger Umgang mit Fliessgewässern - Beispiel Rhone und Thun"

In Kooperation mit SCIETEC Flussmanagement GMBH:
Numerische Simulation von Flusssystemen mit beweglicher Sohle (Beratung)

Bundesamt für Wasser und Geologie:
Numerische Simulation von Deichbrüchen: Auswertung der Erfahrungen der Deichbrüche in Sachsen an Mulde und Elbe beim Hochwasser 2002

Bundesamt für Umwelt:
Ereignisanalyse - Hochwasser 2005: Teilprojekt Aufweitungen

Tiefbauamt Kanton Bern:
Hochwasserschutz Thunersee: Retentionsverhalten der Oberländerseen

Glaziologie

Aufträge 'Glaziologie'

Kraftwerke Aegina AG, Ulrichen, durch Maggia Kraftwerke AG, Locarno, und Alusuisse, Zürich:
Überwachung des Griesgletschers

Forces Motrices de Mauvoisin SA, Sion/Laufenburg:
Fragen im Zusammenhang mit der Sicherheit der Stauanlage Mauvoisin in Bezug auf Gletscherstürze und Massenhaushalt des Glacier de Giétro

Kraftwerk Mattmark AG, Sion/Zürich:
Untersuchung der hydrologischen und glaziologischen Verhältnisse im Mattmarkgebiet

Jungfraubahn AG, Interlaken:
Eissturzgefahr Eiger-West

Gemeinde Saas Fee:
Othmarhang: Glaziologische Abklärungen im Zusammenhang mit einem Staubecken

Kanton Bern: Sicherheitsfragen im Zusammenhang mit einem proglaziologischen See vor dem Triftgletscher

Forces Motrices de la Gougra SA: Glaziologische Abklärungen im Zusammenhang mit einer geplanten subglazialen Wasserfassung

A.3 Mitarbeit in Kommissionen

Bauder, A.	Schweizerische Gesellschaft für Schnee, Eis und Permafrost, Kassier
	Gruppe für operationelle Hydrologie (GHO), Mitglied
	Glaziologische Kommission SCNAT, Mitglied
	HADES, Tafel 3.1: Schnee- und Gletschermessnetze, Mitglied Autorenteam
Fäh, R.	ERCOFTAC, Scientific Member
Farshi, D.	ERCOFTAC, Scientific Member
Funk, M.	Glaziologische Kommission SCNAT, Mitglied
	Kommission für Expertisen bei Bergunfällen (Schweizerischer Bergführerverband), Mitglied
	Landeskomitee IUGG/SCNAT, Sekretär
Hager, W.H.	IAHR Council, Member
	American Society of Civil Engineers (ASCE), Journal of Hydraulic Engineering, Associate Editor
	American Society of Civil Engineers (ASCE), Journal of Irrigation and Drainage Engineering, Reviewer
	International Association for Hydraulic Research (IAHR), Journal of Hydraulic Research, Editor
	Journal of Water, Maritime and Energy, Proc. Institution Civil Engineers, London, U.K., Reviewer
	Canadian Journal of Civil Engineering, Reviewer
	Journal Experiments in Fluids, Reviewer
	Journal of Hydropower and Dams, Member of Scientific Board
	Sciences et Technologies, Constantine, Algérie, Membre du Comité
	Schweiz. Nationalfonds, Reviewer
	L'Acqua, Member Editorial Board
	La Houille Blanche, Membre du Comité
Heller, V.	IAHR, Mitglied
Lüthi, M.	Schweizerische Gesellschaft für Schnee, Eis und Permafrost, Sekretär
Minor, H.-E.	Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband (SWV), Vorstandsmitglied
	Arbeitsgemeinschaft Alpine Wasserkraft (AGAW), Preiskommission
	HAZNETH, Mitglied
	CENAT, Mitglied

Technische Kommission der Schweizerischen Talsperrenkommission, Mitglied	
Schweizerische Talsperrenkommission, Vorstandsmitglied	
Kommission für Hochwasserschutz im SWV, Mitglied	
International Association for Hydraulic Engineering and Research (IAHR), Mitglied	
ERCOFTAC, Scientific member	
Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, Mitglied	
Standeskommission der Berufsgruppe Ingenieurbau im SIA, Mitglied	
Beförderungskommission des D-BAUG, Mitglied	
Kuratorium des Bauförderpreises, Mitglied	
Berufungskommission Konstruktiver Wasserbau, TU München, Mitglied	
American Society of Civil Engineers (ASCE), Journal of Hydraulic Engineering, Reviewer	**Pfister, M.**
International Association of Hydraulic Research (IAHR), Journal of Hydraulic Research, Reviewer	
Proceedings of the Institution of Civil Engineers (ICE), Water Management Journal, Reviewer	
International Association of Hydraulic Engineering and Research (IAHR), Mitglied	**Unger, J.**
ERCOFTAC, Scientific Member	**Vetsch, D.**
Schweizerische Gesellschaft für Geomorphologie, Vorstandsmitglied	**Weichert, R.B.**

A.4 Wissenschaftliche Publikationen (50)

Anschütz H., Eisen O., Rack W., Scheinert M., Periodic surface features in coastal East Antarctica, *Geophysical Research Letters* 33: 1-5

Bauder A., Eisen O., Kappenberger G., Casartelli G., Strozzi T., Valenti G., Spinedi F., Il ghiacciaio del Basodino, *Dati statistiche e società* VI(2): 29-39

Bauder A., Funk A., Faillettaz J., Die Gletscher der Schweizer Alpen – Les glacier des Alpes suisses 2003/04 und 2004/05, *Die Alpen – Les Alpes* 82(10): 34-43

Berchtold T., Pfister M., Lais A., Optimierung der Hochwasserentlastungsanlage des Karahnjukar Damms (Is.), *Wasserbausymposium Graz 2006, Schriftenreihe zur Wasserwirtschaft*, Technische Universität Graz 46(2): 290-303

Corti G., Kappenberger G., Bauder A., Appunti sui ghiacciai svizzeri e ticinesi, *Dati statistiche e società* VI(2): 10-12

Eisen O., Wilhelms F., Steinhage D., Schwander J., Improved method to determine radio-echo sounding reflector depths from ice-core profiles of permittivity and conductivity, *Journal of Glaciology* 52(177): 299-310

Fäh R., Farshi D., Müller R., Rousselot P., Vetsch D., Basement – Basic simulation environment for computing of environmental flow and natural hazard simulations, *System Manuals*, VAW, ETH Zürich

Funk M., Pralong A., L'evolution particulière du glacier suspendu aux Grandes Jorasses, *Valle D'Aosta, figlia dei ghiacci*: 97-99, Musumeci, Quart (Valle D'Aosta)

Gisonni C., Hager W.H., Riprap design for spur protection, *River Flow 2006* – R.M.L. Ferreira, E.C.T.L. Alves, J.G.A.B. Leal & A.H. Cardoso (eds.) 2: 1673-1682

Hager W.H., Discussion to Explicit solutions of the Manning equation for partially filled circular pipes, *Canadian Journal of Civil Engineering* 33(3): 347-348

Hager W.H., Unger J., Dike erosion – A preliminary outlook, *River Flow 2006* – R.M.L. Ferreira, E.C.T.L. Alves, J.G.A.B. Leal & A.H. Cardoso (eds.) 2: 1511-1519

Helbing J., Glacier dynamics of Unteraargletscher: Verifying theoretical concepts through flow modelling, *Mitteilung VAW* 196

Heller V., Strahlwurfweite von Skisprüngen, *8. JuWi-Treffen*, Institut für Wasser und Gewässerentwicklung, Universität Karlsruhe

Heller V., Hager W.H., Minor H.-E., Discussion to Ski jump hydraulics, *Journal of Hydraulic Engineering* 132(10): 1115-1117

Heller V., Hager W.H., Minor H.-E., Rutscherzeugte Impulswellen in Stauhaltungen, *Wasserbausymposium Graz 2006, Schriftenreihe zur Wasserwirtschaft*, Technische Universität Graz 46(1): 67-81

Hindmarsh R., Leysinger G., Raymond M., Gudmundsson G., Draping or overriding: The effect of horizontal stress gradients on internal layer architecture in ice sheets, *Journal of Geophysical Research* 111: 1-17

Keller U., Intermittent flow in hydraulic conduits, *Mitteilung VAW* 198

Kothyari U.C., Hager W.H., Oliveto G., Clear-water scour at bridge piers and abutments, *River Flow 2006* – R.M.L. Ferreira, E.C.T.L. Alves, J.G.A.B. Leal & A.H. Cardoso (eds.) 2: 1743-1749

Kramer K., Hager W.H., Minor H.-E., Air concentration of flow in chute spillways, *22 ICOLD Congress* Barcelona Q84(R73): 1215-1230

Kramer K., Hager W.H., Minor H.-E., Development of air concentration on chute spillways, *Journal of Hydraulic Engineering* 132(9):908-915

Lange D., Bezzola G.R., Schwemmholz: Probleme und Lösungsansätze, *Mitteilung VAW* 188

Machguth H., Eisen O., Paul F., Hoelzle M., Strong spatial variability of snow accumulation observed with helicopter-borne GPR on two adjacent Alpine glaciers, *Geophysical Research Letters* 33: 1-5

Ortmanns C., Minor H.-E., A new design for desilting chambers of hydro power plants, *Proc. Int. Conf. Hydro 2006*, Porto Carras, Greece, CD-ROM

Ortmanns C., Volkart P., Minor H.-E., Entsander von Wasserkraftanlagen, *Wasser-Energie-Luft* 98(1): 28-33

Ortmanns C., Entsander von Wasserkraftanlagen, *Mitteilung VAW* 193

Pagliara S., Hager W.H., Minor H.-E., Hydraulics of plane plunge pool scour, *Journal of Hydraulic Engineering* 132 (5): 450-461

Pfister M., Hager W.H., Minor H.-E., Bottom aeration of stepped spillways, *Journal of Hydraulic Engineering* 132(8): 850-853

Pfister M., Hager W.H., Minor H.-E., Stepped chutes: Pre-aeration and spray reduction, *International Journal of Multiphase Flow* 32: 269-284

Pralong A., Oscillations in critical shearing, application to fractures in glaciers, *Nonlinear Processes in Geophysics* 13: 681-693

Pralong A., Ductile crevassing, *Glacier Science and Environmental Change*: 317, P. Knight, ed. Blackwell, Malden

Pralong A., Funk M., On the instability of avalanching glaciers, *Journal of Glaciology* 52(176): 31-48

Pralong A., Hutter K., Funk M., Anisotropic damage mechanics for viscoelastic ice, *Continuum Mechanics and Thermodynamics* 17(5): 387-408

Requena P., Weichert R.B., Minor H.-E., Self widening by lateral erosion in gravel bed rivers, *River Flow 2006* – R.M.L. Ferreira, E.C.T.L. Alves, J.G.A.B. Leal & A.H. Cardoso (eds.) 2: 1801-1809

Rousselot M., A combined field and laboratory study of clast ploughing, *Mitteilung VAW* 195

Rousselot M., Fischer U.H., Evidence for excess pore-water pressure generated in subglacial sediment: Implications for clast ploughing, *Geophysical Research Letters* 32: 1-5

Ruf W., Foglia L., Perona P., Molnar P., Fäh R., Burlando P., Modelling the interaction between groundwater and river flow in an active Alpine floodplain ecosystem, *International Symposium: Floodplains – Hydrology, Soils, Fauna, and their Interactions*: 128-146

Schwerzmann A., Borehole analyses and flow modelling of firn-covered cold glaciers, *Mitteilung VAW* 194

Schwerzmann A., Funk M., Blatter H., Borehole logging with an eight-arm caliper-inclinometer probe, *Journal of Glaciology* 52(178): 381-388

Schwerzmann A., Funk M., Blatter H., Lüthi M., Schwikowski M., Palmer A., A method to reconstruct past accumulation rates in Alpine firn regions: A study on Fiescherhorn, Swiss Alps, *Journal of Geophysical Research* 111: 1-7

Sigg H., Lais A., Volkart P., Kopswerk II: Peltonturbinen im Gegendruckbetrieb, Modellversuche zur Entlüftungsproblematik, *Wasserbausymposium Graz 2006. Schriftenreihe zur Wasserwirtschaft*, Technische Universität Graz 46(1): 477-489

Sugiyama S., Measurement and modelling of diurnal flow variations in a temperate valley glacier, *Glacier Science and Environmental Change*: 345-347, P. Knight, ed. Blackwell, Malden

Unger J., Strömungscharakteristika um kreiszylindrische Brückenpfeiler, *Mitteilung VAW* 197

Unger J., Hager W.H., Temporal flow evolution of sediment embedded circular bridge piers, *River Flow 2006* – R.M.L. Ferreira, E.C.T.L. Alves, J.G.A.B. Leal & A.H. Cardoso (eds.) 1: 729-739

Unger J., Hager W.H., Riprap failure at circular bridge piers, *Journal of Hydraulic Engineering* 132(4): 354-362

Weichert R.B., Bed morphology and stability of steep open channels, *Mitteilung VAW* 192

Weichert R.B., Bezzola G.R., Kolkuntersuchung im Bereich einer Sperrentreppe an der Steiner Aa / Schweiz, *Wildbach- und Lawinenverbau* 154: 46-55

Weichert R.B., Bezzola G.R., Minor H.-E., Beurteilung der Sohlenstabilität von Gebirgsbächen, *Wasser-Energie-Luft* 98(3): 243-249

Weichert R.B., Bezzola G.R., Minor H.-E., Bed morphology and flow resistance in steep open channels with varying widths, *River Flow 2006* – R.M.L. Ferreira, E.C.T.L. Alves, J.G.A.B. Leal & A.H. Cardoso (eds.) 1: 1039-1047

Wickenhäuser M., Bauliche Massnahmen zur Entlüftung ungewollter Luft aus Drucksystemen, *8. JuWi-Treffen*, Institut für Wasser und Gewässerentwicklung, Universität Karlsruhe: 13-18

Zweifel A., Hager W.H., Minor H.-E., Plane impulse waves in reservoirs, *Journal of Waterway, Port, Coastal, and Ocean Engineering* 132 (5): 358-368

A.5 Vorträge von Mitarbeitern der VAW

A) Eingeladene Vorträge vor wissenschaftlichen Gremien

Gletscherveränderungen in den Schweizer Alpen, Les Jeudi des Sciences Kolloquium der Fakultät für Naturwissenschaften, Universität Luxemburg, Luxemburg, Luxemburg, 09.03.2006	**Bauder, A.**
Glacier changes in the Swiss Alps and mass balance reconstructions, Inst. for Low Temperature Science, Univ. Hokkaido, Japan, Sapporo, 16.02.2006	
Impact of recent changes on Swiss glaciers: Flood-wave potential due to retreat of Triftgletscher and melt reduction project in Andermatt, Inst. for Low Temperature Science, Univ. Hokkaido, Japan, Sapporo, 24.02.2006	
Die Mündung des Alpenrheins, Seminar: Bodensee Online, Deutschland, Stuttgart, 07.02.2006	**Fäh, R.**
Flussgebietsmodellierung, Schlusstag Rhone-Thur-Projekt, Schweiz, Unterengstringen, 07.06.2006	
Alpenrhein: Projektskizze für weiterführende Studien, Workshop „Alpenrhein 2100“, Schweiz, Walzenhausen, 23.06.2006	
Gletscherveränderungen in den Alpen und Ihre Konsequenzen, HSR Rapperswil, Schweiz, Rapperswil, 25.10.2006	**Funk, M.**
Impulswellen, Karlsruher Vortragsreihe, Deutschland, TU Karlsruhe, 19.01.2006	**Hager, W.H.**
Impulse waves, Borland Award Lecture, USA. Fort Collins, CO, 22.03.2006	
Journal of Hydraulic Research, IAHR Council, Nizza, Frankreich, 10.09.2006	
Sewer manholes, Instituto di Idraulica, Università di Cassino, Italien, 13.10.2006	
Scour in hydraulic engineering, Colloque interne, Belgien, Louvain-la-Neuve, 15.11.2006	
Rutscherzeugte Impulswellen in Stauhaltungen, Wasserbausymposium Stauhaltungen und Speicher - Von der Tradition zur Moderne, Österreich, Graz, 27.09.2006	**Heller, V.**
Blockrampen, Modulunterricht HSB, Wasserbau in der Praxis, Schweiz, Burgdorf, 20.06.2006	**Janisch, T.**
Kopswerk II: Peltonturbinen im Gegendruckbetrieb – Modellversuche zur Entlüftungsproblematik, Wasserbausymposium Graz 2006, Stauhaltungen und Speicher – Von der Tradition zur Moderne, Österreich, Graz, 29.09.2006	**Lais, A.**

Lüthi, M.	Dynamics of a mountain glacier on an active volcano: Mt Wrangell, Alaska, Prospects and problems on ice cores drilled at high mountains, Japan, Sapporo, 04.02.2006
Minor, H.-E.	High velocity flow: Problems and approach for solutions, Indien, IIT, Roorkee, 25.07.2006
	Planning and realization of large hydropower projects, Indien, IIT, Roorkee, 02.08.2006
	Civil engineering studies in Zurich, Indien, IIT, Roorkee, 01.08.2006
	High speed flow, Indien, Tehri, 04.08.2006
	High velocity flows - Problems and approach for solutions, Department of Hydraulic Engineering, "Università di Napoli Federico II", jointly with the Civil Engineering Department, "Seconda Università di Napoli", Italy, Napoli, 10.05.2006
Ortmanns, C.	A new design for desilting chambers of hydro power plant, Hydro 2006, Greece, Porto Carras, 26.09.2006
	Flow and turbulence conditions on the design of desilting chambers, International Conference on HydroScience and Engineering, USA, Philadelphia, 11.09.2006
Requena, P.	Self widening by lateral erosion in gravel bed rivers, River Flow 2006, Portugal, Lissabon, 05.09.2006
	Process of lateral erosion in gravel bed rivers, Master class „River morphology and morphodynamics“, Portugal, Lissabon, 08.09.2006
Unger, J.	Temporal flow evolution of sediment embedded circular bridge piers, River Flow 2006, Portugal, Lissabon, 08.09.2006
Walter, F.	Characterization of seismic signals and their sources in Alpine glacier ice, European Geophysical Union, General Assembly, Österreich, Wien, 04.04.2006
Weichert, R.B.	Flow resistance in steep open channels, River Flow 2006, Portugal, Lissabon, 07.09.2006

B) Sonstige Vorträge vor wissenschaftlichen Gremien

Anschütz, H., Eisen, O., Steinhage, D., Oerter, H., Scheinert, M.	Small-scale variations of the recent accumulation rate in Central Dronning Maud Land, Antarctica, International Glaciological Society (IGS), Symposium on Indicators of Climate Change, UK, Cambridge, 21.08.2006
Bauder, A., Funk, M., Huss, M., Bösch, H.	Ice volume changes of selected glaciers in the Swiss Alps during the past 150 years, International Glaciological Society (IGS), Symposium on Indicators of Climate Change, UK, Cambridge, 21.08.2006

Variations of Grosser Aletschgletscher, International conference Celebration of the 75th anniversary of the High Altitude Research Station, Jungfraujoch, Switzerland, Interlaken, 14.09.2006	**Bauder, A., Huss, M.**
90 years of seasonal mass balance observations on Claridenfirn, Switzerland, International Glaciological Society (IGS), Symposium on Indicators of Climate Change, UK, Cambridge, 21.08.2006	**Bauder, A., Huss, M., Kappenberger, G., Müller-Lemans, H., Ohmura, A.**
Ereignisanalyse 2005 – Blockrampen, Workshop Ereignisanalyse 2005, Schweiz, BAFU Bern, 06.10.2006	**Berchtold, T.**
The internal layering of snow along a section of the EGIG-line, western Greenland, derived from GPR and ASIRAS-measurements, European Geophysical Union General Assembly, Österreich, Wien, 04.04.2006	**Dunse, T., Helm, V., Eisen, O., Rack, W., Steinhage, D.**
The Cryosat land ice validation experiment 2004. Part II: Ground-based measurements of the firn structure, 66. Jahrestagung, Deutsche Geophysikalische Gesellschaft, Germany, Bremen, 09.03.2006	**Dunse, T., Helm, V., Eisen, O., Rack, W.**
Extracting velocity information from kinematic inversion of firn layers, International Glaciological Society (IGS), Symposium on Indicators of Climate Change, UK, Cambridge, 21.08.2006	**Eisen, O.**
Talkative firn: Extracting velocity information from kinematic inversion of internal layers, European Geophysical Union, General Assembly, Österreich, Wien, 04.04.2006	
Deducing temperature distribution in the tongue of Gornergletscher from radar surveys, International Glaciological Society (IGS), Symposium on Indicators of Climate Change, UK, Cambridge, 21.08.2006	**Eisen, O., Bauder, A., Riesen, P., Lüthi, M., Funk, M.**
Deducing temperature distribution in the tongue of Gornergletscher from radar surveys, 10th Alpine Glaciology Meeting, Germany, Munich, 24.02.2006	**Eisen, O., Funk, M.**
Einführung in die numerische Modellierung von Strömung und Sedimenttransport, Workshop BASEMENT, Schweiz, Zürich, 06.10.2006	**Fäh, R.**
Wirkung von Aufweitungen, Ereignisanalyse HW05, Schweiz, Bern, 24.03.2006	
Evidence of log-periodic oscillations during the breaking off of large ice masse, Earth sciences and mathematics, Facultad de Ciencias Matematicas, Universidad Complutense de Madrid, Spain, Madrid, 14.09.2006	**Faillettaz, J., Funk, M., Pralong, A.**
2D-BASEplane, Workshop BASEMENT, Schweiz, Zürich, 06.10.2006	**Farshi, D.**
Anwendungen und Fallbeispiele BASEplane, Workshop BASEMENT, Schweiz, Zürich, 06.10.2006	
On the dynamics of avalanching glaciers, International conference, celebration of the 75th anniversary of the High Altitude Research Station, Jungfraujoch, Switzerland, Interlaken, 14.09.2006	**Funk, M., Pralong, A., Faillettaz, J.**

Funk, M., Pralong, A., Lüthi, M.	How useful is continuum damage mechanics in glaciology?, 10th Alpine Glaciology Meeting, Germany, Munich, 24.02.2006
Heller, V.	Strahlwurfweite von Skisprüngen, 8. JuWi-Treffen, Deutschland, Karlsruhe, 03.08.2006
Huss, M.	Glacier-dammed lake outburst events of Gornersee, Switzerland, European Geophysical Union, General Assembly, Österreich, Wien, 04.04.2006
	Retreat scenarios of Unteraargletscher, Switzerland, using a coupled ice-flow mass-balance model, International Glaciological Society (IGS), Symposium on Indicators of Climate Change, UK, Cambridge, 21.08.2006
	Modelling the retreat of Unteraargletscher until 2050, 4th Swiss Geoscience Meeting, Switzerland, Bern, 25.11.2006
	Reconstruction of seasonal mass balance for 4 Swiss glaciers since 1865 using decadal volume changes, 4th Swiss Geoscience Meeting, Switzerland, Bern, 25.11.2006
Janisch, T.	Flussbauliches Monitoring am Flaz - Untersuchungen an einem Naturmodell, Seminar für Doktorierende, Schweiz, Zürich, 03.07.2006
	Aufgelöste Blockrampen im Modellversuch – Untersuchungen an der VAW, Workshop Blockrampen, Anforderungen und Bauweisen, Schweiz, Zürich, 05.10.2006
Lange, D.	Schwemmholz, Seminar für Doktorierende, Schweiz, Zürich, 22.05.2006
	Blockrampen - ökologische Bauwerke zur Sohlstabilisierung, Workshop Blockrampen, Anforderungen und Bauweisen, Schweiz, Zürich, 05.10.2006
Machguth, H., Eisen, O., Paul, F., Hoelzle, M.	Helicopter-borne snow profiling on Alpine glaciers with GPR, 10th Alpine Glaciology Meeting, Germany, Munich, 24.02.2006
	Helicopter-borne snow profiling on Alpine glaciers with GPR, European Geophysical Union General Assembly, Österreich, Wien, 04.04.2006
Mayer, C., Lambrecht, A., Hagg, W., Eisen, O.	The ice flux into Merzbacher Lake, Inylchek Glacier, Kirgistan, 10th Alpine Glaciology Meeting, Germany, Munich, 24.02.2006
	Geophysical Union General Assembly, Österreich, Wien, 04.04.2006
Möller, G.	Ereignisanalyse 2005 – Geschiebesammler, Workshop, Ereignisanalyse 2005, Schweiz, Bern, 06.10.2006
Müller, R.	1D-BASEchain, Workshop BASEMENT, Schweiz, Zürich, 06.10.2006
	Anwendungen und Fallbeispiele BASEchain, Workshop BASEMENT, Schweiz, Zürich, 06.10.2006
Ohmura, A., Bauder, A., Müller-Lemans, H., Kappenberger, G.	The role of radiation in mass balance change of glaciers, International Glaciological Society (IGS), Symposium on Indicators of Climate Change, UK, Cambridge, 21.08.2006

Emergence of oscillations in critical shearing, application to fractures in glaciers, European Geophysical Union, General Assembly, Österreich, Wien, 04.04.2006	**Pralong, A.**
Morphologische Auswirkungen von Flussaufweitungen in der Schweiz – Auswertung von Naturdaten, Seminar für Doktorierende, Schweiz, Zürich, 19.06.2006	**Putzar, B.**
Datenbank - Morphologische Entwicklungen in Flussaufweitungen, Workshop Flussaufweitungen, Möglichkeiten und Grenzen, Schweiz, Zürich, 04.10.2006	
Estimating basal properties of ice streams from surface data, European Geophysical Union, General Assembly, Österreich, Wien, 04.04.2006	**Raymond, M., Gudmundsson, H.**
Seitenerosion in kiesführenden Flüssen, Workshop Flussaufweitungen, Möglichkeiten und Grenzen, Schweiz, Zürich, 04.10.2006	**Requena, P.**
Dual-frequency radar investigations on an Alpine valley glacier, European Geophysical Union, General Assembly, Österreich, Wien, 04.04.2006	**Riesen, P., Bauder, A., Eisen, O.**
Thur-Aufweitung Altikon, Workshop BASEMENT, Schweiz, Zürich, 06.10.2006	**Rousselot, P.**
Reconstruction of past accumulation rates from internal layers around Kohnen station (Antarctica), International Glaciological Society (IGS), Symposium on Indicators of Climate Change, UK, Cambridge, 21.08.2006	**Sacchettini, M., Parrenin, F., Eisen, O., Steinhage, D.**
Ereignisanalyse 2005 – Schwemmholz, Workshop Ereignisanalyse 2005, Schweiz, Bern, 06.10.2006	**Schmocker, L.**
Photogrammetric velocity measurements on Unteraargletscher by grey scale measurements, 4th Swiss Geoscience Meeting, Switzerland, Bern, 25.11.2006	**Spichtig, S., Bauder, A., Eller, J.**
Evolution of Rhonegletscher in Switzerland over the past 125 years and in the future: Application of an improved flowline model, International Glaciological Society (IGS), Symposium on Indicators of Climate Change, UK, Cambridge, 21.08.2006	**Sugiyama, S., Bauder, A., Zahno, C., Funk, M.**
Das Softwaresystem BASEMENT, Workshop BASEMENT, Schweiz, Zürich, 06.10.2006	**Vetsch, D.**
Weitere Entwicklung von BASEMENT, Workshop BASEMENT, Schweiz, Zürich, 06.10.2006	
Seismic activity during Gornersee jökulhlaup of summers 2004-2006, 4th Swiss Geoscience Meeting, Switzerland, Bern, 25.11.2006	**Walter, F.**
Flussaufweitungen – Definitionen und Ziele, Workshop Flussaufweitungen, Möglichkeiten und Grenzen, Schweiz, Zürich, 04.10.2006	**Weichert, R.B.**
Die Gutmütigkeit von Blockrampen im Überlastfall, Workshop Blockrampen, Anforderungen und Bauweisen, Schweiz, Zürich, 05.10.2006	

	Sohlenmorphologie und Stabilität von Wildbächen, Blaues Kolloquium, Schweiz, Zürich, 04.10.2006
	Blockrampen in der Landquart, Seminar für Doktorierende, Schweiz, Zürich, 20.11.2006
Werder, M.	Gorner jökulhlaups: Hydraulic model explaining temporary englacial storage of water and flood delay, European Geophysical Union, General Assembly, Österreich, Wien, 04.04.2006
	Gorner Jökulhlaups: Results of the 04, 05 & 06 field campaigns & the last 50 years, 4th Swiss Geoscience Meeting, Switzerland, Bern, 25.11.2006
	Gorner jökulhlaups: Hydraulic model explaining temporary englacial storage of water and flood delay, 4th Swiss Geoscience Meeting, Switzerland, Bern, 25.11.2006
Wesche, C., Rack, W., Eisen, O., Steinhage, D.	GPS versus ICESat: A comparison of two elevation models in Dronning Maud Land, Antarctica, European Geophysical Union General Assembly, Österreich, Wien, 04.04.2006
Wickenhäuser, M.	Bauliche Massnahmen zur Entlüftung ungewollter Luft aus Drucksystemen, 8. Treffen junger Wissenschaftler (JuWi-Treffen), Deutschland, Karlsruhe, 02.08.2006

C) Vorträge vor nicht wissenschaftlichen Gremien

Bauder, A.	Einen Gletscher vor dem Abschmelzen retten, Schweizer Jugend forscht: Studienwoche Atmosphärenphysik „Wald und Wüste“, Projekt 5-6, Davos, Schweiz
Fäh, R.	Numerische Modellierung und Simulation an der VAW, Maturanden, Zürich, Schweiz
Funk, M., Faillettaz, J.	Les glaciers et leurs dangers, Companie des guides de Courmayeur, Courmayeur, Italien
Heller, V.	Impulswellen in Stauhaltungen ausgelöst durch Rutschungen, Schweizerisches Talsperrenkomitee, Bern Schweiz
	Impulswellen ausgelöst durch Rutschungen, Studenten, Universität Zürich, VAW, ETH Zürich, Schweiz
Janisch, T.	Flussbauliches Monitoring am Flaz - Untersuchungen an einem Naturmodell, Weiterbildungskurs Fluviale Prozesse in der Geomorphologie für Lehrer der Sekundar Stufe II, Samedan, Schweiz
Weichert, R.B.	Flussaufweitungen, Weiterbildungskurs Fluviale Prozesse in der Geomorphologie für Lehrer der Sekundar Stufe II, Samedan, Schweiz

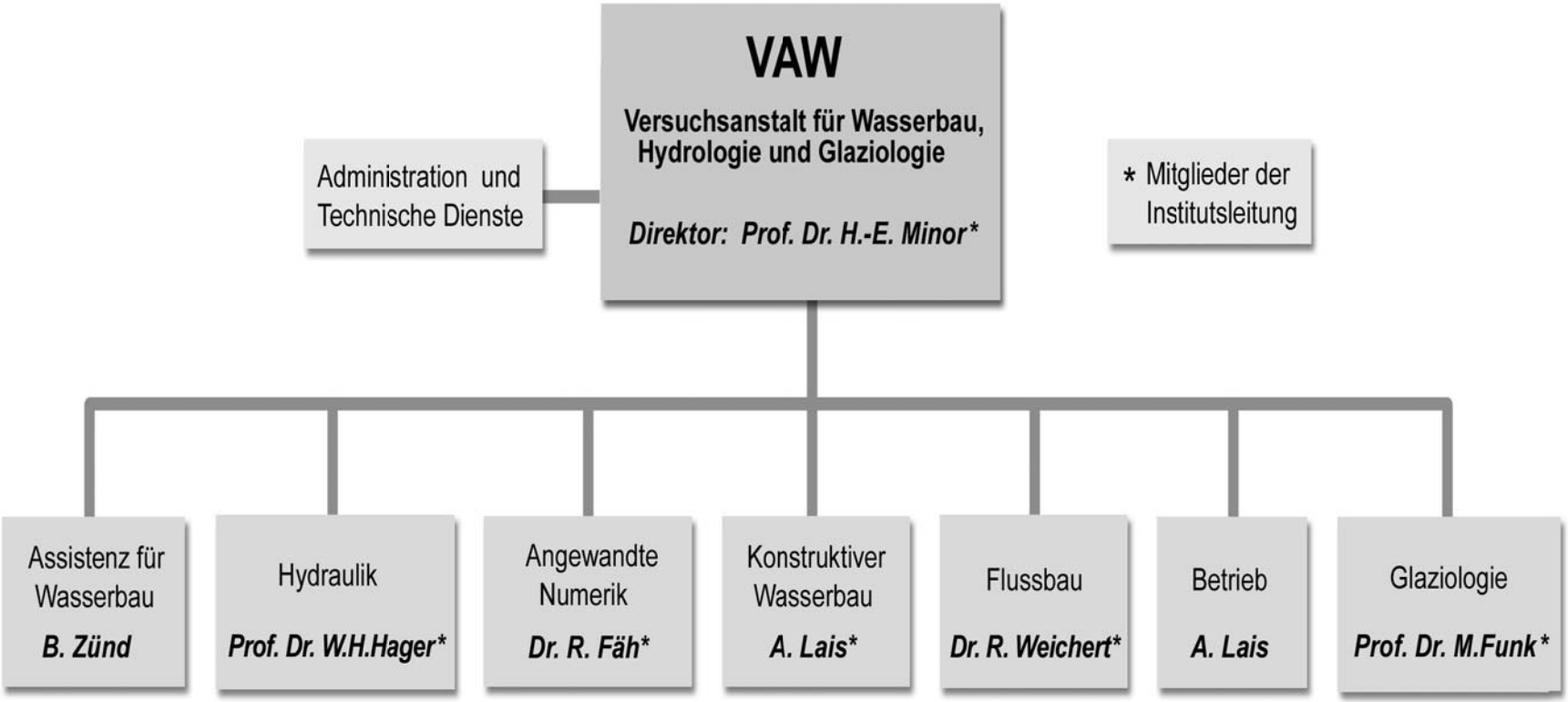
D) Presseartikel

Anhaltender Schwund der Schweizer Gletscher, NZZ, 09.02.2006	**Bauder, A.**
Il ghiacciaio del Basodino, Dati statistiche e società, VI(2), 29-39	**Bauder, A., Eisen, O., Kappenberger, G., Casartelli, G., Strozzi, T., Valenti, G., Spinedi, F.**
Die Gletscher der Schweizer Alpen - Les glacier des Alpes suisses 2003/04 und 2004/05, Die Alpen - Les Alpes (Zeitschrift des Schweizer Alpen-Club), 82(10/2006), 34-43	**Bauder, A., Pralong, A., Funk, M., Faillettaz, J.**
Appunti sui ghiacciai svizzeri e ticinesi, Dati statistiche e società, VI(2), 10-12	**Corti, G., Kappenberger, G., Bauder, A.**

E) Andere Veranstaltungen

SFDRS, Tagesschau, 08.02.2006	**Bauder, A.**
VOX (SpiegelTV), 17.02.2006	
SFDRS Tagesschau 12.07.2006	

A. 6 ORGANIGRAMM



1.9.2006