Zeitschrift: Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria

Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband

Band: 99 (2007)

Heft: 3

Artikel: Unwetter 2005 : Ereignisse im Raum Oberrickenbach NW : Ereignisanalyse, Gefahrenbeurteilung und Massnahmen

Autor: Tognacca, Christian / Eberli, Josef

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-940139

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 13.07.2025

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

Unwetter 2005 – Ereignisse im Raum Oberrickenbach NW

Ereignisanalyse, Gefahrenbeurteilung und Massnahmen

■ Christian Tognacca, Josef Eberli

Zusammenfassung

Die lang andauernden Niederschläge vom August 2005 haben im Kanton Nidwalden grosse Schäden angerichtet. Stark getroffen war auch das Einzugsgebiet des Secklisbaches. In diesem Seitenbach der Engelberger Aa, dessen Einzugsgebietsfläche 25,4 km² beträgt, wurde ähnlich viel Material mobilisiert und verfrachtet wie durch das Aawasser zwischen Engelberg und dem Vierwaldstätter See. Insgesamt 350 000 m³ Geschiebe wurden im Stauraum Chäppelistutz und in der bachaufwärts liegenden Schwemmebene des Secklisbaches abgelagert. Das Staubecken wurde fast vollständig mit Material aufgefüllt. Dabei hat die Staustufe Chäppelistutz eine wichtige Schutzfunktion wahrgenommen: Ohne die Staumauer und ihre Rückhaltefunktion wären die Folgen für die unterliegende Ortschaft Wolfenschiessen verheerend gewesen.

Die wichtigste Materialquelle war die Rutschung bei Schmidsboden im Haldibach. Durch die lang andauernden Niederschläge wurde der Hang instabil und die portionsweise mobilisierten Massen verflüssigten sich und flossen als Murgänge ins Tal.

Nach dem, bezogen auf den Geschiebeeintrag, extremen Ereignis musste die Gefahrensituation sowohl für Oberrickenbach als auch für Wolfenschiessen neu beurteilt werden. Nach der Dokumentation und Rekonstruktion der Ereignisse wurden die Gefahrenkarten überarbeitet und entsprechend dem neuen Kenntnisstand angepasst. Zum Schutz der Siedlung in Wolfenschiessen ist ein offener Geschieberückhalteraum vor der Einmündung in die Engelberger Aa geplant.

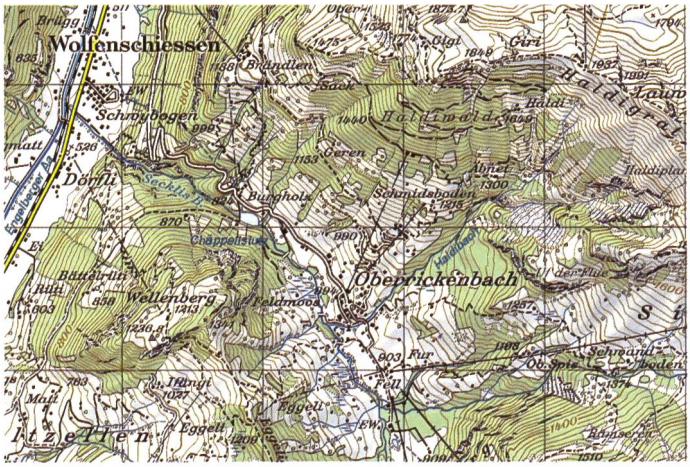


Bild 1. Raum Secklisbach/Oberrickenbach, Ausschnitt aus der Landeskarte 1:50000.

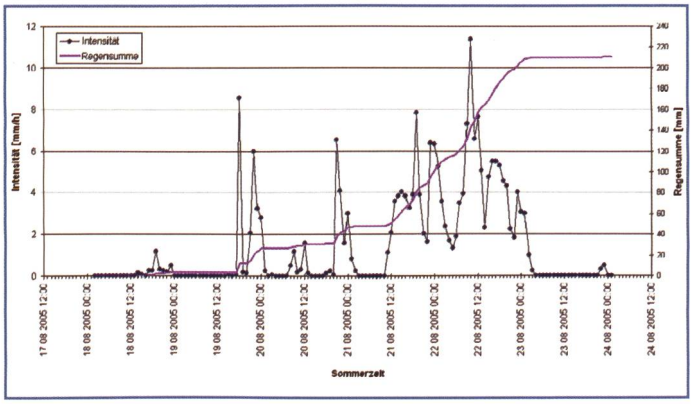


Bild 2. Niederschläge im Einzugsgebiet des Secklisbaches während des Ereignisses 2005 (Quelle: Daten von MeteoSchweiz).

1. Grundlagen des Ereignisses 2005

1.1 Niederschläge

Die Besonderheiten des Ereignisses von August 2005 waren die grosse räumliche Ausdehnung, die Dauer von rund 3 Tagen und die regenreiche Vorperiode. Die Niederschlagsintensitäten während des Ereignisses selbst waren relativ klein (vgl. *Bild 2*). Die Folgen waren hohe Abflüsse mit langen Ganglinien in den grösseren Einzugsgebieten, viele Hanginstabilitäten (Rutschungen und Hangmuren), aber relativ kleine Abflussspitzen in den kleinen Einzugsgebieten.

Die Wiederkehrperiode der maximalen 1-Stunden-Niederschläge (ca. 11,5 mm/h) liegt unter 5 Jahren. Die 24-Stunden-Regensumme von rund 110 mm, die am Montag, 22. August, gefallen ist, hat eine Wiederkehrperiode von etwa 50 Jahren. Die Wiederkehrperiode der 2-Tage-Niederschlagssumme (160 mm zwischen Sonntag und Montag) liegt bei etwa 50 bis 70 Jahren.

1.2 Hochwasserabflüsse

Entsprechend der moderaten Niederschlagsintensitäten waren auch die Reinwasserabflüsse im Haldibach und Secklisbach nicht aussergewöhnlich.

Aufgrund der maximalen Niederschlagsintensität kann der Maximalabfluss im Haldibach (2,9 km²) zwischen 4,7 und 6,6 m³/s abgeschätzt werden. Für den Secklisbach (25,4 km²) wurden Abflussspitzen zwischen 30 und 40 m³/s abgeschätzt.

Diese Werte liegen eindeutig tiefer als die 30-jährlichen Spitzenabflüsse von 11 m³/s und 50 m³/s für den Haldibach bzw. den Secklisbach.

1.3 Phänomene im Raum Oberrickenbach

Der Raum Oberrickenbach wurde während des Ereignisses 2005 stark getroffen. Die lang andauernden Niederschläge haben zahlreiche Hangmuren ausgelöst.

Aus der Karte der Phänomene

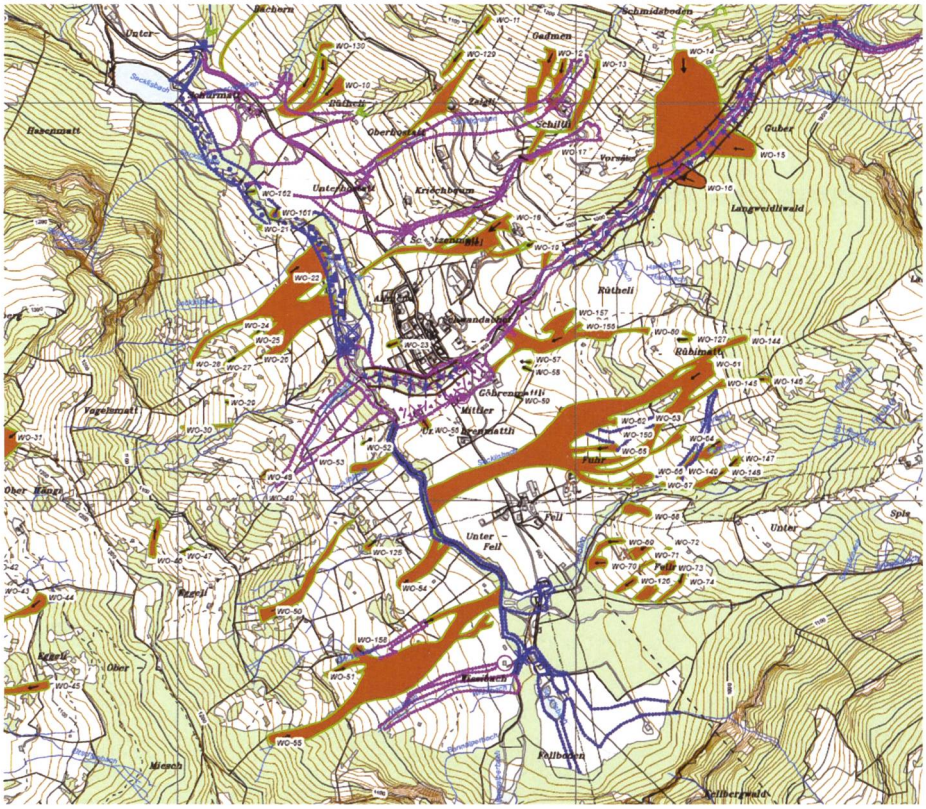


Bild 3. Ausschnitt aus der Karte der Phänomene, Öko-B, Stans, Oktober 2005.

(siehe *Bild 3*) erkennt man im Raum Oberrickenbach ca. 70 Hangmuren, eine grosse Hanginstabilität (Schmidsboden) und grossräumige Übersarungen.

Das wichtigste und eindrücklichste Phänomen in Oberrickenbach war die Serie von Murgängen aus dem Rutschgebiet Schmidsboden. Das durch Murgänge im Secklisbach abgelagerte Material wurde durch fluviale Prozesse bis in das Staubecken Chäppelistutz weiter verfrachtet *(Bild 5)*. Insgesamt wurden im Secklisbach oberhalb der Staustufe Chäppelistutz rund 350 000 m^3 Geschiebe abgelagert. Ohne die Staustufe wären die Folgen des Hochwasserereignisses in Wolfenschiessen verheerend gewesen. Während des Ereignisses wurden auch grosse Mengen Holz mobilisiert, die sich grösstenteils im Becken Chäppelistutz gesammelt haben *(Bild 6)*. Ein Teil des Treibholzes wurde bei dieser Staustufe über die Wehrkrone transportiert. In der Wolfsschlucht haben sich mehrere, z.T. sehr dichte Holzverklausungen gebildet *(Bild 7)*, die glücklicherweise keine Flutwellen verursacht haben und die nur mit grossen Anstrengungen wieder entfernt werden konnten.

2. Sofortmassnahmen

2.1 Bauliche Massnahmen

Unmittelbar nach dem Ereignis wurden verschiedene bauliche Massnahmen eingeleitet und realisiert:

- Eine Notbrücke aus Wellstahlrohren wurde über den Haldibach durch Angehörige der Swissint gebaut.
- Die Brücke über den Secklisbach wurde instand gestellt, der Bachlauf zur Sicherung der Hänge in der Schwemmebene angepasst und die Ufer im Mündungsbereich des Haldibaches verbaut.
- Sofort wurde zum Schutz der linksufrigen Gebäude zwei Schutzdämme am Haldibach realisiert. Die Blöcke für die Dämme wurden aus dem Räumungsmaterial gewonnen.
- Das Treibholzpaket im Becken Chäppelistutz wurde maschinell entfernt.
- Die vielen übersarten Flächen an den Hängen wurden geräumt und rekultiviert.
- Die Anrisszonen von Hangmuren wurden mit Holzkasten stabilisiert und rekultiviert.

Schon Ende Dezember 2005 waren die Sofortmassnahmen im Haldibach weitgehend abgeschlossen.

Die neue Brücke über den Haldibach wurde in der Zwischenzeit geplant und wird im Verlaufe der Wintersaison 2007/2008 realisiert. Diese neue leichte Brücke ist so konzipiert, dass sie im Falle einer erneuten Murgangwelle weggeschoben wird und somit kein Hindernis für den Murgang darstellt.

2.2 Raumplanerische Massnahmen

Im Dezember 2005 hat die Gemeinde Wolfenschiessen zur Sicherstellung der Richt- und Nutzungsplanung im überfluteten Gebiet im Raum Oberrickenbach eine Planungszone verhängt. In dieser Planungszone sind Neubauten, neubauähnliche Umbauten und Anbauten grundsätzlich nicht zulässig. Ausserdem wurde aufgrund des neuen Kenntnisstandes die Gefahrenkarte überarbeitet.

Bild 4. Ablagerungen im Secklisbach oberhalb der Staustufe Chäppelistutz, Aufnahme vom 30. August 2005.

Bild 5. Ablagerungen im Becken Chäppelistutz, Aufnahme vom 22. September 2005.

Anfang Regen	Zeitpunkt Ereignis	Dauer Regenperiode D	Kritische Intensität I_{Krit}	Intensität gemäss MeteoSchweiz
21.8.05, 11:00	22.8.05, 12:00	25 Stunden	3,4 mm/h	4,3 mm/h
21.8.05, 11:00	22.8.05, 18:00	31 Stunden	2,3 mm/h	4,2 mm/h

Tabelle 1. Kriterien für die Murgangentstehung nach Zimmermann et al. (1997).

3. Murgänge aus dem Haldibach

Am 23. August 2005 richtete eine Serie von Murschüben grosse Schäden entlang des Haldibaches und des Secklisbaches an. Gemäss Zeugenaussagen ereigneten sich mehrere Murstösse, wovon drei besonders gross waren. Der grösste Murgang hat weite Flächen übersart, eine Sägerei zerstört, ein Stallgebäude stark beschädigt, die Brücke über den Haldibach mitgerissen und jene über den Secklisbach verschüttet.

Das Abflussprofil der grössten Murgangwelle wird auf 170 bis 200 m^2 geschätzt. Die Geschwindigkeit der Murgangfront war gemäss Augenzeugen sehr hoch.

Nur dank einer schnellen Reaktion konnten die Augenzeugen, welche kurz vor dem Niedergang der grössten Welle noch in der Nähe der Haldibachbrücke waren, rechtzeitig fliehen und sich in Sicherheit bringen.

3.1 Murgangkubaturen

Die Auswertung der Geländeoberflächen vor und nach dem Ereignis hat ergeben, dass im Bereich Schmidsboden insgesamt 250 000 m^3 Material mobilisiert wurden. Diese Kubatur wurde zum grössten Teil in verschiedenen Murgangwellen und zu einem kleineren Teil durch fluviale Prozesse talwärts verfrachtet. Eine genaue Aufteilung der Gesamtkubatur in die verschiedenen Prozesse ist schwierig. Die Kubatur der Hauptmurgangwelle wird auf rund 70 000 m^3 geschätzt.

3.2 Niederschlagsintensitäten

Für randalpine Regionen geben Zimmermann et al. (1997) folgende kritische mittlere Regenintensität für die Murgangentstehung an:

$I_{Krit} = 32 \bullet D^{-0,70}$

Dabei ist I_{Krit} [mm/h] die mittlere Regenintensität in der letzten kontinuierlichen Regenperiode vor dem Eintreten der Murgänge und D ist die Dauer in Stunden dieser Regenperiode.

In beiden Fällen ist die beobachtete mittlere Intensität nach MeteoSchweiz höher als die kritische Intensität für Murgangentstehung *(Tabelle 1)*.

3.3 Entstehungsmechanismen

Grundsätzlich kann ein Murgang durch drei Mechanismen entstehen:

- Progressive Erosion einer Lockermaterialschicht durch Oberflächenabfluss in einem Gerinne
- Breschenbildung in einer Schlucht, nachdem sich infolge Rutschung aus einem Seitenhang ein temporärer Damm mit Wasserrückhalt gebildet hat.
- Mechanische Instabilität mit direktem Übergang der rutschenden Masse in einen Murgang

Die grössten Murgangwellen im Haldibach im August 2005 sind auf eine Serie von mechanischen Instabilitäten (Rutschungen) im Bereich Schmidsboden zurückzuführen, die direkt als Murgang im Gerinne weiter geflossen sind.

Folgende Punkte sprechen für eine Entstehung infolge mechanischer Instabilität bzw. gegen eine Entstehung infolge progressiver Erosion oder Breschenbildung:

- Die Reinwasserabflüsse im Haldibach waren relativ klein. Durch progressive Erosion können Murgänge entstehen, dessen Abflussspitze bis ca. 8 bis 10 mal grösser ist als der Reinwasserabfluss, welcher die Erosion ausgelöst hat. Geht man von einem maximalen Reinwasserabfluss von 6,6 m^3/s aus, hätte durch progressive Erosion ein maximaler Murgangabfluss von ca. 50 bis 66 m^3/s entstehen können. Solche kleine Wellen sind im Haldibach beobachtet worden und können auf eine Entstehung infolge progressiver Erosion zurückgeführt werden (die Kriterien für eine solche Entstehung sind bei den geschätzten Abflüssen knapp gegeben). Allerdings sind die Abflussspitzen dieser Wellen 30 bis 40 mal kleiner als die grösste beobachtete Murgangwelle (rund 2000 m^3/s beim Kegelhals, siehe unten).
- Ähnlich kann man auch für die Entstehung infolge Breschenbildung argumentieren. Damit durch Breschenbildung eine Welle hätte entstehen können, die eine vergleichbare Abflussspitze wie die grösste beobachtete Murgangwelle im Haldibach gehabt hätte, hätte sich ein temporärer Damm mit einer Höhe von ca. 40 bis 45 m bilden müssen. Durch den Damm hätte sich ein temporärer Stau gebildet. Im Gelände konnte man allerdings keine stummen Zeugen finden, weder für einen so hohen Damm noch für einen grossen Rückstau. Auch wurde kein merklicher und dauerhafter Rückgang des Abflusses im Haldibach beobachtet. Das Auffüllen des temporären Sees durch den kleinen Zufluss hätte mindestens eine Stunde Zeit gebraucht.

Bild 6. Treibholz im Stauraum Chäppelistutz, Aufnahme vom 24. August 2005.

Bild 7. Dichte Holzablagerungen in der Wolfsschlucht unterhalb des Beckens Chäppelistutz, 30. August 2005.

Bild 8. Rutschung Schmidsboden, Aufnahme vom 30. August 2005. Mobilisiert wurden insgesamt 250000 m³, die in mehreren Schüben als Murgänge ins Tal flossen.

Bild 9. Haldibach vom Fuss der Rutschung Schmidsboden bis zur Einmündung in den Secklisbach, Aufnahme vom 26. August 2005. (1: Haldibachbrücke, 2: Sägerei, 3: Secklisbachbrücke).

- Laut Zeugenaussagen folgte die grösste Murgangwelle unmittelbar nach einem lauten Knall im Bereich Schmidsboden. Diese akustische Wahrnehmung deutet auf eine Rutschung hin, die anschliessend durch Verflüssigung in einen Murgang übergegangen ist.
- Die numerische Simulation einer plötzlichen Rutschung im Bereich Schmidsboden liefert eine gute Übereinstimmung mit den beobachteten Prozessen und mit den stummen Zeugen.

3.4 Numerische Simulation

Die Murgangwelle wurde mittels 2D-Modell mit einem Pseudo-Manning-Ansatz simuliert. Zum Einsatz kam das Programmsystem FLUMEN (www.fluvial.ch). Ziel der numerischen Simulationen der Murgänge 2005 waren die Beurteilung der realisierten Sofortmassnahmen, die Optimierung der neuen Brücke über den Haldibach und die Überarbeitung der Gefahrenkarte.

Standort	Eintreffzeit
Anrissgebiet Schmidsboden	0"
Haldibach, Kote 1'020 m ü.M.	10"
Kegelhals, Kote 935 m ü.M.	45"
Haldibachbrücke	1'20"
Einmündung in den Secklisbach	2'00"

Tabelle 2. Eintreffzeiten der Front.

3.5 Resultate

Die durchgeführten Simulationen können die während des Ereignisses vom August 2005 beobachteten Phänomene gut nachbilden. Die im Modell simulierten Wirkungszonen sowohl im Haldibach als auch auf dem Schwemmkegel entsprechen gut den beobachteten Überflutungsflächen *(Bild 10)*. Auch die berechneten Abflussquerschnitte stimmen gut mit den beobachteten Querschnitten überein.

Die Resultate der Simulationen zeigen, dass die beste Übereinstimmung mit den beobachteten Ereignissen durch folgende Parameterkombination erreicht werden kann:

- Kubatur der Hauptwelle: 70000 m³
- Fliessbeiwert nach Strickler: 10 $m^{1/3}/s$

Im Haldibach, unmittelbar nach dem Rutschungsfuss, erreicht die Murgangwelle maximale Geschwindigkeiten von über 15 m/s (ca. 60 km/h), im Gerinnebereich unterhalb des Kegelhalses liegen die maximalen Fliessgeschwindigkeiten zwischen 9 und 12 m/s, und auf dem Schwemmkegel variieren sie zwischen 5 und 10 m/s. Am Rande der übersarten Fläche sinken die Fliessgeschwindigkeiten bis gegen 2 m/s.

Die Verformung der Ganglinie der Hauptmurgangwelle ist für drei Standorte entlang des Fliessweges im *Bild 11* dargestellt. Aufgrund der Modellierungen lässt sich der Ereignisablauf genauer beschreiben: Nach der mechanischen Instabilität im Bereich Schmidsboden verflüssigt sich die rutschende Masse und geht in einen Murgang über. Entlang des Fliessweges ins Tal verformt sich die Welle relativ rasch, und der maximale Abfluss nimmt sukzessive ab:

- im Gerinne des Haldibaches unmittelbar am Fusse der Rutschung bei Kote 1020 m ü.M. beträgt der maximale Abfluss ca. 6000 m³/s;
- am Hals des Schwemmkegels bei Kote 935 m ü.M. beträgt der Spitzenabfluss rund 2000 m³/s;
- kurz nach der Einmündung des Haldibaches in den Secklisbach, bei Kote 850 m ü.M, erreicht die Abflussspitze einen Wert von rund 500 m³/s.

Nach der Entstehung trifft die Welle sehr schnell auf das besiedelte Gebiet auf dem Schwemmkegel. Die *Tabelle 2* gibt die Eintreffzeit der Hauptmurgangwelle an verschiedenen Standorten entlang des Fliessweges an. Das Modell wurde im Weiteren zur Überprüfung der Wirkung der Sofortmassnahmen eingesetzt. Aus den durchgeführten Simulationen können folgende Schlüsse gezogen werden:

- Die realisierten Ablenkdämme sind ein wirksamer Schutz der linksseitigen Gebäude, gegen eine Murgangwelle wie jene vom August 2005. Der obere

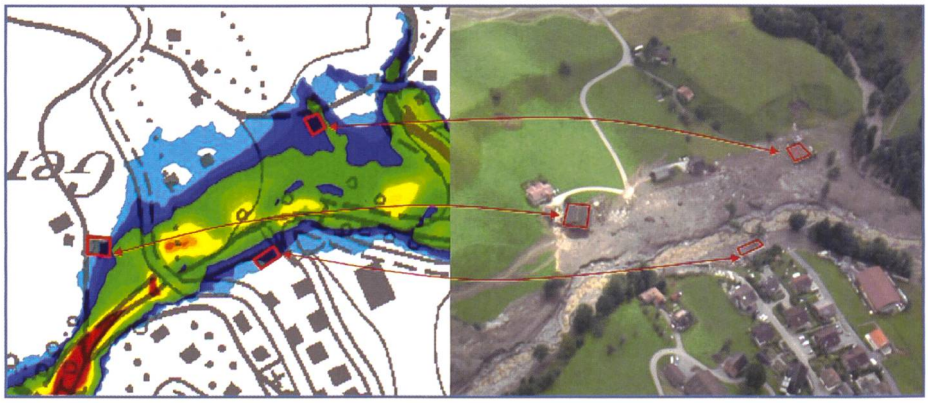


Bild 10. Vergleich zwischen berechneter und beobachteter Übermurung auf dem Schwemmkegel des Haldibaches, von der Mündung in den Secklisbach.

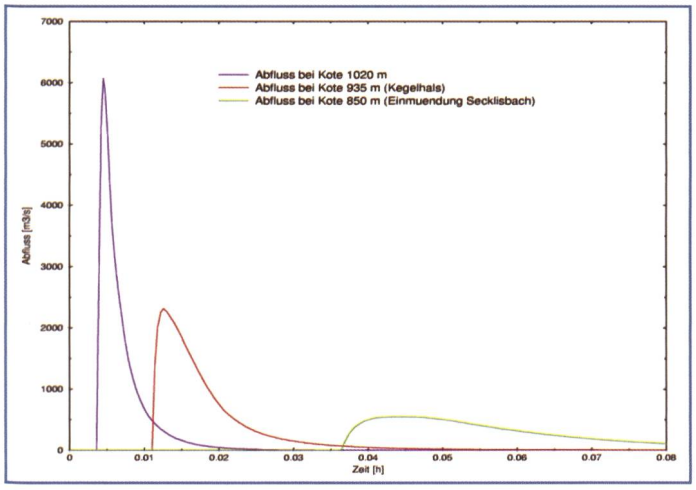


Bild 11. Verformung der Murgangwelle entlang des Fliessweges im Haldibach.

Bild 12. Haldibach und Secklisbach, Aufnahme vom 26. August 2005. Am oberen Bildrand erkennt man den Stauraum Chäppelistutz. Die Schwemmebene des Secklisbaches wird jetzt teilweise rekultiviert.

Damm bietet für ein solches Ereignis einen vollständigen Schutz für das Stallgebäude, das im letzten August beschädigt wurde. Der untere Damm wird dagegen bei einem ähnlich grossen Ereignis leicht überflossen. Allerdings nimmt die Intensität der Überflutung gegenüber dem Ereignis von 2005 deutlich ab.

- Die Gefährdung für die alte Sägerei ist nach der Realisierung der Massnahmen praktisch gleich wie vor dem Ereignis. Dieses Gebäude ist weiterhin stark gefährdet.
- Die Gefährdung für alle anderen Gebäude auf der rechten Bachseite ist bei einer Realisierung einer leichten Haldibachbrücke praktisch gleich wie vor dem Ereignis 2005.
- Aufgrund der extrem hohen Belastungen ist bei einem ähnlichen Murgangereignis wie im August 2005 damit zu rechnen, dass der Blocksatz der Umlenkdämme stark beschädigt wird.

Es wird der Bau einer leichten Brücke über den Haldibach empfohlen. Eine massive Brücke würde einen Rückstau im Gerinne verursachen und in Kombination mit den Ablenkdämmen zu einer stärkeren Belastung der Kantonsstrasse Richtung Dorf führen. Im Falle der Realisierung einer massiven Brücke könnte ein Teil der Murgangwelle entlang der Strasse in Richtung Dorfkern fliessen.

4. Heutige Situation – Haldibach und Oberlauf Secklisbach

4.1 Definition der Szenarien im Haldibach

Nach dem Ereignis 2005 wurden im Einzugsgebiet des Haldibaches zwei Gebiete identifiziert, wo Murgänge infolge von mechanischen Instabilitäten entstehen können:

- Schmidsboden (weiter Rutschmasse von rund 150 000 m^3)
- Vorsäss (Masse von ca. 80 000 m^3)

Beide Gebiete befinden sich auf der rechten Talseite des Haldibaches.

Bezüglich Murganggefährdung wurden folgende wahrscheinliche Szenarien entwickelt:

Szenario 1: Murgang Schmidsboden

- Kubatur der grössten Murgangwelle: 75 000 m^3
- Mechanismus: mechanische Instabilität im Bereich Schmidsboden
- Auslösendes Ereignis: Dauerregen mit Regenmenge >150 mm in 24 bis 48 Stunden
- Wiederkehrperiode: 30 Jahre
- Gesamtkubatur des Ereignisses: 150 000 m^3

Szenario 2: Murgang Vorsäss

- Kubatur der grössten Murgangwelle: 40 000 m^3
- Mechanismus: mechanische Instabilität im Bereich Vorsäss
- Auslösendes Ereignis: Dauerregen mit Regenmenge >200 mm in 24 bis 48 Stunden
- Wiederkehrperiode: 300 Jahre
- Gesamtkubatur des Ereignisses: 80 000 m^3

Szenario 3: Murgang Schmidsboden überlagert mit Rutschung Vorsäss

- Kubatur der grössten Murgangwelle: 95 000 m^3
- Mechanismus: mechanische Instabilität im Bereich Schmidsboden (75 000 m^3) und anschliessende Mobilisierung von abgelagertem, gesättigtem Rutschmaterial im Haldibach (20 000 m^3) am Fusse der Rutschung bei Vorsäss
- Auslösendes Ereignis: Dauerregen mit Regenmenge >200 mm in 24 bis 48 Stunden
- Wiederkehrperiode: 300 Jahre
- Gesamtkubatur des Ereignisses: 230 000 m^3

4.2 Überarbeitete Gefahrenkarte

Aufgrund der veränderten Gefahrensituation wurde die Gefahrenkarte Oberrickenbach überarbeitet. Für den Haldibach und den Secklisbach ist die Murganggefährdung aus den Bereichen Schmidsboden und Vorsäss massgebend.

4.3 Nutzung der Schwemmebene

Die Murgänge aus dem Haldibach und die sukzessive fluviale Geschiebeumlagerung haben im Secklisbach eine völlig neue Situation geschaffen. Durch die bis zu 5 Metern mächtigen Ablagerungen ist im Abschnitt zwischen der Einmündung des Haldibaches und dem Staubecken Chäppelistutz eine ökologisch und landschaftlich interessante Schwemmebene entstanden *(Bild 12)*.

Nach der Realisierung der Sofortmassnahmen standen folgende drei Varianten für die Nutzung der Schwemmebene zur Diskussion:

- Variante A: Schwemmlandebene sich selbst überlassen, teilweise Abgeltung des Verlustes.
- Variante B: Mässige Rekultivierung ohne Bachverbauungen.
- Variante C: Selbstfinanzierte Rekultivierung.

Die Grundeigentümer und Bewirtschafter des Hauptteiles der Schwemmfläche haben entschieden, auf eigene Kosten die Fläche zu rekultivieren. Zur Minimierung der Kosten wird der Bach nicht verbaut. Das erste Gesuch für die Rekultivierung wurde gutgeheissen. Die wichtigsten Bedingungen sind die Realisierung eines Gehölzstreifens von 5 m entlang des Gerinnes und die Einhaltung eines Gewässerraums von 15 m, mit ausschliesslich einer

Ereignis	Q_{max}	Murgang-ablagerungen	Umspülung Staumauer	Geschiebeaustrag aus dem Becken
HQ_{30}	47 m^3/s	150'000 m^3	nein	**10'000 m^3**
HQ_{100}	96 m^3/s	150'000 m^3	nein	**20'000 m^3**
HQ_{300}	126 m^3/s	230'000 m^3	ja	**63'000 m^3**
EHQ	189 m^3/s	230'000 m^3	ja	**115'000 m^3**

Tabelle 3. Szenarien für die Gefahrenkarte Wolfenschiessen.

extensiven Nutzung. Die Waldfläche ist zu erhalten.

5. Heutige Situation – Unterlauf Secklisbach

5.1 Geschiebeproblematik

Aufgrund des grossen Geschiebeeintrages während des Hochwassers vom August 2005 wurde das Stauvolumen vom Becken Chäppelistutz von ursprünglich 70 000 m^3 auf noch etwa 10 000 m^3 reduziert.

Bei einem nächsten Hochwasserereignis, vor allem in Kombination mit einem möglichen weiteren Murgang aus dem Haldibach, besteht die Gefahr, dass das Staubecken komplett gefüllt wird und es zum Eintrag von bedeutenden Geschiebemengen in den Unterlauf des Secklisbaches kommt. Zur Lösung der Geschiebe- und Hochwasserschutzproblematik im Talboden wurden deshalb verschiedene Möglichkeiten eines Geschieberückhaltes entworfen.

Als Bestvariante wurde die Realisierung eines Geschieberückhalteraums in Form einer Gerinneaufweitung mit geringem Längsgefälle gewählt. Diese Aufweitung erstreckt sich vom Kegelhals bis etwa 150 m vor der Einmündung des Baches in die Engelberger Aa. Geplant ist der Rückhalt von 20 000 m^3 Material. Das Schwemmholz soll durchgeleitet und nicht im Rückhalteraum aufgefangen werden. Durch einen Hinterdamm auf der rechten Bachseite soll die Siedlungszone von Wolfenschiessen geschützt und genügend Raum für den Überlastfall geschaffen werden.

Das geplante Bauwerk dient dem Rückhalt von Geschiebe bei Hochwasserereignissen aber auch im Falle von kontrollierten Spülungen von Geschiebe aus dem Becken Chäppelistutz. Ein dosierter Geschiebeeintrag in die Engelberger Aa wird so erhalten

Anhand von numerischen Simulationen mit einem 1D-Modell (Programm FLUSH, vgl. www.fluvial.ch) wurde die gewählte Variante hydraulisch und geschiebetechnisch geprüft und optimiert.

5.2 Neue Szenarien für den Unterlauf

Die mächtigen Geschiebeablagerungen in und oberhalb der Staustufe Chäppelistutz sowie die instabilen Rutschhänge im Haldibach stellen eine veränderte Gefahrensituation für den Unterlauf des Secklisbaches und das Dorf Wolfenschiessen dar. Die massgebenden Szenarien für den Unterlauf sind in der *Tabelle 3* zusammengetragen. Die Daten stammen aus der Abschätzung des Geschiebeaustrages aus dem Becken Chäppelistutz. Berücksichtigt wurde auch eine allfällige Umspülung der Staumauer, was einen zusätzlichen Austrag von Geschiebe verursachen könnte.

Alle berücksichtigten Ganglinien sind dreieckförmig mit einem gleichmässigen Anstieg innerhalb von drei Stunden bis zur Abflussspitze und einer anschliessenden linearen Reduktion des Abflusses auf Null. Die Gesamtdauer beträgt 18 Stunden. In jedem Fall erfolgt der Geschiebeaustrag aus dem Becken Chäppelistutz in der Endphase des Hochwassers, d.h. im absteigenden Ast der Ganglinie. In der Anfangsphase eines Hochwassers findet oberhalb der Staumauer zuerst eine Geschiebeverlagerung in Richtung Stauraum Chäppelistutz statt, das noch vorhandene Stauvolumen wird aufgefüllt, und erst später werden wichtige Geschiebemengen über die Staumauerkrone transportiert. Eine weitere Verzögerung des Geschiebeinputs in den Rückhalteraum erfolgt in der Schluchtstrecke, wo ein gewisses natürliches Geschieberückhaltevermögen vorhanden ist.

Aufgrund der veränderten Situation im Oberlauf wurde die Gefahrenkarte Wolfenschiessen überarbeitet *(Bild 14)*.

5.3 Bauprojekt Rückhalteraum

Idee und Gestaltungsgrundsätze

Bei der Gestaltung und Dimensionierung des Geschieberückhalteraumes galten folgende Grundsätze:

- Durch die Massnahme sollen 20 000 m^3 Geschiebe zurückgehalten werden.
- Der verbleibende Geschiebeaustrag in die Engelberger Aa soll dosiert erfolgen.
- Die Hochwasserkapazität des Secklisbachunterlaufes (zwischen Rückhalteraum und Aa) soll dem heutigen Zustand entsprechen (kein Ausbau des Unterlaufs).
- Das bei Hochwassern anfallende Schwemmholz soll durch den Geschieberückhalteraum durchgeleitet werden.

Der Geschieberückhalteraum wird grundsätzlich als Gerinneaufweitung realisiert. Das Gerinne wird auf einer Länge von rund 200 m von der heutigen Breite (5 bis 8 m) auf eine Sohlenbreite von 30 m aufgeweitet. Ausserdem wird das Längsgefälle im Bereich des Rückhalteraums auf ca. 2,5% reduziert. Im Einlaufbereich des Rückhalteraums, ausgangs der Schlucht, wird die Niveaudifferenz durch eine steile Sohlenrampe gemäss dem natürlichen Felsverlauf überbrückt.

Der Auslaufbereich des Sammlers wird kontinuierlich auf die Breite der nachgeschalteten Dosierstrecke verengt. Die

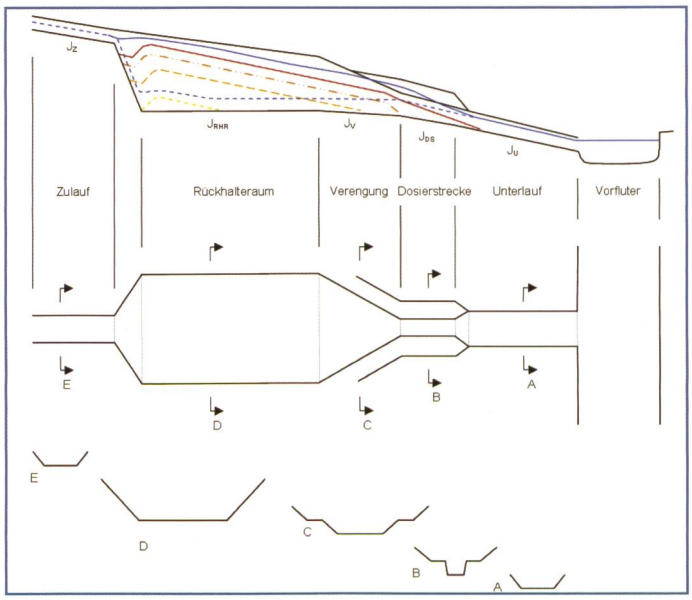


Bild 13. Schematische Darstellung des Rückhalteraumes und der Entwicklung der Ablagerungen (von der gelben über die orange bis zur roten Linie) und Wasserspiegellagen (blaue Linien).

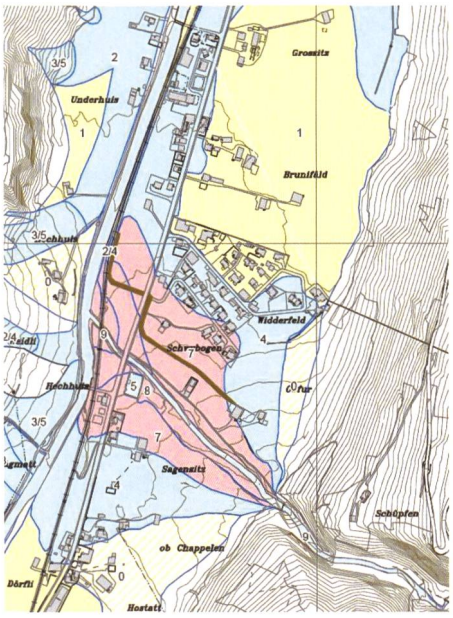


Bild 14. Wolfenschiessen, überarbeitete Gefahrenkarte (Ist-Zustand), Öko-B, Stans, Januar 2007.

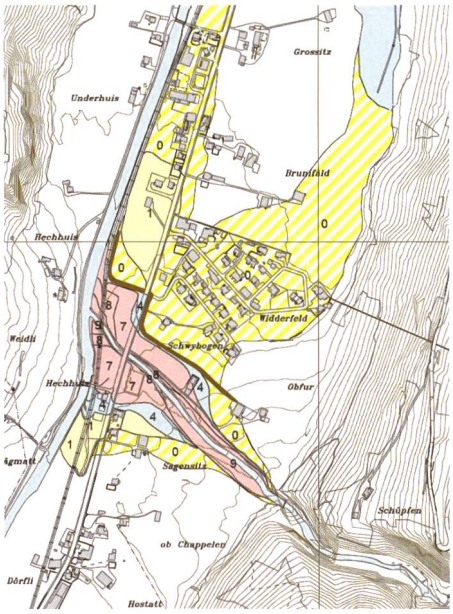


Bild 15. Wolfenschiessen, Gefahrenkarte nach Massnahmen, Öko-B, Stans, Februar 2007.

Gerinneverengung bei der Dosierstrecke dient zur Erhöhung des Wasserstandes im Rückhalteraum und verbessert den Wirkungsgrad des Rückhaltes. Nachdem die Ablagerungsfront den Auslaufbereich erreicht hat, begrenzt die Dosierstrecke die Geschiebetransportrate aus dem Sammler.

In der Dosierstrecke ist der Bachquerschnitt als Doppelprofil ausgestaltet, damit der aus dem Hauptgerinne austretende Abfluss wieder in den Unterlauf geführt werden kann, ohne dass es für das Dimensionierungsereignis zu einer Überflutung kommen kann.

Als Dimensionierungsereignis für den Geschieberückhalteraum wurde ein 100-jährliches Hochwasser mit einer Abflussspitze von 96 m^3/s und einem Geschiebeinput von 20 000 m^3 definiert. Als Überlastfall wurde ein Extremereignis mit einer Abflussspitze von 189 m^3/s und einem Geschiebeeintrag in den Sammler von 115 000 m^3 festgelegt.

5.3.1 Analogie zu einer Flussaufweitung

Die durchgeführten numerischen Berechnungen bestätigen, dass der geplante Rückhalteraum hydraulisch und geschiebetechnisch ähnlich wie eine Gerinneaufweitung wirkt (vgl. z.B. Hunzinger, 1998). Insbesondere ergeben die Simulationen neben einer Rotationsauflandung auch den für eine Aufweitung typischen Sohlenversatz, welches eine Vergrösserung der Rückhaltekapazität des Bauwerkes bewirkt.

Die durchgeführten Simulationen zeigen, dass der gewünschte Rückhalt von Geschiebe durch einen offenen Rückhalteraum erreicht werden kann. Die beim Dimensionierungsereignis erwartete Geschiebemenge (20 000 m^3) kann je nach Geometrie des Bauwerks und Kornverteilung des Geschiebes vollständig oder fast vollständig zurückgehalten werden. Bei noch grösserem Geschiebeeintrag kann ein Grossteil des Geschiebes im Sammler zurückgehalten werden. Das Verhältnis zwischen Rückhalt und Eintrag variiert für die optimierte Geometrie zwischen 97 und 100% für das 100-jährliche Ereignis, zwischen 87 und 94% für das 300-jährliche Ereignis und zwischen 70 und 80% für das Extremereignis.

Ausserdem erfolgt der Geschiebeeintrag in die Engelberger Aa dosiert.

Ein Vergleich zwischen den maximalen Transportraten aus dem Sammler und der maximalen Transportleistung der Engelberger Aa bei der Einmündung des Secklisbaches zeigt Folgendes:

- Die bei einem 100-jährlichen Ereignis vom Secklisbach in die Aa maximal eingetragene Transportrate (160 kg/s) kann schon durch ein 30-jähriges Hochwasser in der Aa weitertransportiert werden. Selbst bei einem noch kleineren Abfluss in der Aa, der die eingetragene Geschieberaten nicht direkt weitertransportieren kann, wird die hydraulische Kapazität der Aa durch die Ablagerung von 550 m^3 Geschiebe nicht gefährdet.
- Bei einem 300-jährigen Ereignis im Secklisbach ist die Wahrscheinlichkeit gross, dass es zu Ablagerungen von Geschiebe bei der Einmündung kommt. Demzufolge bildet sich im Secklisbach ein Rückstau, der eine komplette Gerinneverlandung des Unterlaufes verursacht.
- Bei einem Extremereignis im Secklisbach mit einem maximalen Geschiebeeintrag ins Aawasser von 1800 kg/s oder grösser reicht die Transportkapazität der Engelberger Aa nicht aus, um den gesamten Eintrag weiterzutransportieren. Dies gilt sogar für die Abflussspitze des Extremereignisses, dessen Transportkapazität rund 700 kg/s beträgt. Infolgedessen ergibt sich bei der Einmündung des Secklisbaches eine massive Ablagerung von Geschiebe, die sowohl in der Engelberger Aa als auch im Secklisbach zu einer Verlandung des Gerinnes und zu einem Rückstau führt.

5.4 Gefahrenkarte nach Massnahmen

Die Gefahrenkarte nach der Realisierung der Massnahmen am Unterlauf des Secklisbaches ist im *Bild 15* dargestellt. Gegenüber der heutigen Situation kann die Ausdehnung der Gefahrenzonen massiv reduziert werden. Insbesondere die Zonen erheblicher und mässiger Gefährdung im Siedlungsbereich können durch die Massnahmen praktisch eliminiert werden.

Literaturhinweise

Hunzinger, L., 1998, Flussaufweitungen – Morphologie, Geschiebehaushalt und Grundsätze zur Bemessung, Mitteilung der VAW Nr. 159, ETH Zürich.

Tognacca, C., 1999, Beitrag zur Untersuchung der Entstehungsmechanismen von Murgängen, Mitteilung der VAW Nr. 164, ETH Zürich.

Zimmermann, M., Mani, P., Gamma, P., 1997, Murganggefahr und Klimaänderung; Ein GIS-basierter Ansatz, vdf, Zürich.

Anschrift der Verfasser

Dr. *Christian Tognacca*, beffa tognacca gmbh, Wasserwirtschaft und Flussbau, Postfach 28, CH-6431 Schwyz

Josef Eberli, Kantonsingenieur NW, Breitenhaus, CH-6371 Stans.

H. Erne Metallbau AG

CH-5316 Leuggern, Steiächer

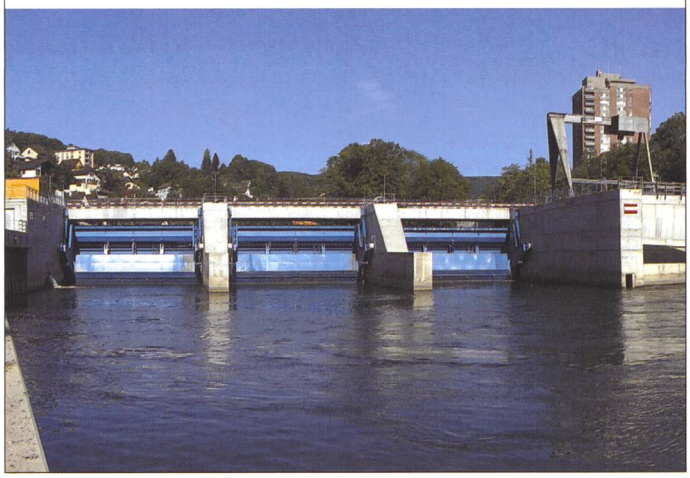
Tel. +41 56 268 00 20 • Fax +41 56 268 00 21 • erne@h-erne.ch

www.h-erne.ch

Metall-/Stahlbau • Stahlwasserbau
Sonderkonstruktionen • Umwelttechnik
Anlage- und Apparatebau • Montagen/Revisionen

Wir sind Spezialisten für den Stahlwasserbau

- Wehranlagen
- Druckleitungen
- Rechenanlagen
- Gleitschützen
- Notverschlüsse
- Schlauchwehre
- Revisionen



PROCENG MOSER

ProcEng Moser GmbH

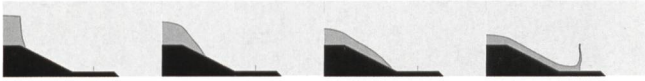
www.proceng.ch

Juchen 5, 2577 Siselen
032 396 37 14

Ihr Spezialist für Strömungssimulationen

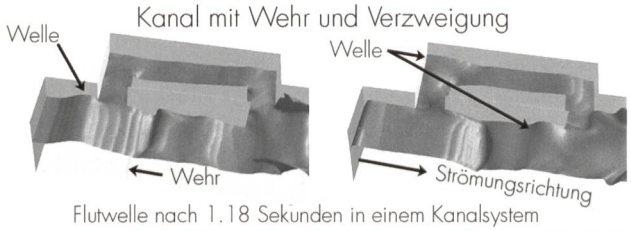
Vorhersagen mittels Simulationen!

Aufgrund von Strömungssimulationen, Computed Fluid Dynamics, CFD, werden in der Industrie Anlagen ausgelegt, optimiert und realisiert. Bei dreidimensionalen CFD - Simulationen werden die wirklichen Verhältnisse berücksichtigt. Szenarien, die sich nicht durchführen lassen, können realitätsnah untersucht werden, z.B. ein Dammbruch (Bilder unten).



Die ProcEng Moser GmbH weist eine siebenjährige Erfahrung in Strömungssimulationen auf. Einige erfolgreiche Projekte waren:
- Entlastungsstollen des Thunersees, inkl Verschraubung der Tübbinge
- Pendelrampe des Scherlibaches bei Hochwasser
- Rauchgasreinigungen von Müllverbrennungen: Genf, Lausanne ...
- Sprühtürme: z. B von Nestlé S.A.
- Rührkessel: z. B. von F. Hoffmann-La Roche AG

Die Abbildung zeigt den zeitlichen Verlauf einer Flutwelle und wie die Welle im Seitenkanal hochschwabt.



Flutwelle nach 1.18 Sekunden in einem Kanalsystem

Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Bundesamt für Energie BFE

Das Bundesamt für Energie ist die Fachstelle des Bundes für Fragen der Energieversorgung und der Energienutzung. Zu seinen Aufgaben zählt die Oberaufsicht über die Sicherheit aller Stauanlagen in der Schweiz. Diese umfasst die Sicherstellung der Sicherheit der grösseren Anlagen und die Unterstützung der Kantone bei der Sicherheitsaufsicht der kleineren Anlagen, wie auch die Entwicklung der Sicherheitskonzepte und die Vorbereitung der notwendigen Umsetzungsunterlagen. Infolge Pensionierungen sind für diese anspruchsvollen Aufgaben in den nächsten Monaten mehrere Spezialistenstellen neu zu besetzen.

Fachspezialisten/innen Stauanlagensicherheit

Als Verantwortliche/r für die direkte Aufsicht der Ihnen zugewiesenen Stauanlagen kontrollieren Sie den Zustand, den Unterhalt und das Verhalten der Bauwerke und nehmen Auswertungen der technischen Dokumente (Jahresberichte, Expertenberichte, Sicherheitsüberprüfungen etc.) vor. Sie führen Inspektionen vor Ort durch und begleiten Neu- und Ausbauprojekte von der Projektierung über den Bau bis zur Inbetriebnahme. Als Verantwortliche/r für die indirekte Aufsicht stellen Sie die Sicherheitsaufsicht von mehreren Hunderten Stauanlagen durch die Kantone sicher und beraten ihre Fachstellen von der Organisation der Aufsicht bis zur Umsetzung. Ferner erarbeiten Sie technische Unterlagen, erstellen Spezialstudien teilweise zusammen mit Universitäten, Experten und Fachgruppen und sorgen für die Verbreitung der neu gewonnenen Erkenntnisse.

Für diese vielseitigen und anspruchsvollen Aufgaben suchen wir belastbare diplomierte Bauingenieure/innen (ETH oder gleichwertiges Diplom) mit mehrjähriger Erfahrung in der Projektierung, dem Bau und der Überwachung von Talsperren. Eine selbständige Arbeitsweise, Flexibilität, Reisebereitschaft in der Schweiz und ein ausgeprägtes Verantwortungsbewusstsein sind für uns unerlässlich. Abgerundet wird ihr Profil durch fundierte theoretische Kenntnisse in einem Spezialgebiet des Wasserbaus (Felsmechanik, Geotechnik, Geologie, Strukturmechanik, Baumaterialien, Hydrologie, Hydraulik, Geodäsie), eine analytische Denkweise und gute Kenntnisse in zwei Landessprachen und Englisch. Wenn Sie sich in diesem Profil wieder erkennen und sich für die Sicherheit der Stauanlagen engagieren wollen, freuen wir uns auf Ihre Bewerbungsunterlagen.

Ihre Bewerbung senden Sie bitte an folgende Adresse:
Bundesamt für Energie,
Human Resources/ham, Postfach,
3003 Bern
bewerbung@bfe.admin.ch
Stellenantritt nach Vereinbarung

Weitere Auskünfte erteilt Ihnen gerne Herr Dr. Georges Darbre, Beauftragter für die Sicherheit der Talsperren,
Tel. 031 325 54 91,
georges.darbre@bfe.admin.ch

Weitere interessante Stellenangebote der Bundesverwaltung finden Sie unter **www.stelle.admin.ch**