

# Der Ausbau des Riemenstaldnerbachs und die Sicherungsmassnahmen in seinem Einzugsgebiet

Das Hochwasser im Riemenstaldnerbach von 1977 und weitere Ereignisse in den folgenden Jahren haben in den letzten zwei Jahrzehnten die Behörden vor schwierige Probleme gestellt. 1988 begann auch das Gelände in der Binzenegg zu rutschen. Umfangreiche Massnahmen wurden nötig, um Menschen, Sachwerte und Verkehrswege zu schützen, vor allem die Axenstrasse und die Gotthardbahnlinie. Der Riemenstaldnerbach ist ein Grenzgewässer zwischen den Kantonen Schwyz und Uri. Daher haben die beiden Kantone eine gemeinsame Baukommission Riemenstaldnerbach und ein Konkordat zum Bau der Sicherungsmassnahmen gebildet.

## 1. Der Riemenstaldnerbach und sein Einzugsgebiet

Der Riemenstaldnerbach folgt über weite Strecken der tektonischen Grenze zwischen der helvetischen Axendecke im Süden und der Drusbergdecke im Norden. Sein Einzugsgebiet misst 27 Quadratkilometer. Davon sind

7.9 km <sup>2</sup>	Wald	29 %
3.7 km <sup>2</sup>	Wiesland und Alpen	14 %
15.3 km <sup>2</sup>	Fels und Ödland	57 %
0.1 km <sup>2</sup>	See	0 %

Der Lauf des Riemenstaldnerbachs lässt sich in fünf Abschnitte unterteilen:

**Oberlauf:** Von der Höchi (Kote 1487 m ü.M.) bis zur Mündung des Chilenwaldbaches, Kote circa 915 m ü.M. Wegen der Flachstrecken entsteht in diesem Abschnitt wenig Feststoffeintrag.

**Chilenwaldbach:** Sein Einzugsgebiet misst 0.4 km<sup>2</sup>. Er hat den grössten Feststoffeintrag aller Seitenbäche. Im August 1982 wurde der Geschiebeeintrag während eines Ereignisses in den Riemenstaldnerbach auf 30'000 Kubikmeter geschätzt.

**Mittellauf:** Von der Mündung des Chilenwaldbaches bis zum Sagenplatz Kote 805 m ü.M.. Die 1,5 Kilometer lange Bachstrecke hat 8 bis 10 % Gefälle und wirkt als Umlagerungsstrecke.

**Schluchtstrecke:** Vom Sagenplatz bis an das westliche Ende des Sekundärrutsches

Büelacher/Eich Kote 520 m ü.M.. Die rechtsufrige Talflanke der 1,1 Kilometer langen und durchschnittlich 28 % steilen Bachstrecke ist grossenteils instabil. Die Sohle besteht aus groben Blöcken. Man schätzt, dass bei einem Abfluss von 50 bis 80 m<sup>3</sup>/s, die Deckschicht in Bewegung gerät.

Unterlauf: Vom Sekundärrutsch Büelacher/Eich bis zur Mündung in den Urnersee.

**Abflussannahmen:** Nach Lehmann (1994) beträgt der maximale Feststoffaustrag aus der Schluchtstrecke für ein 100-jährliches Hochwasser 33'000 Kubikmeter. Der dazugehörige maximale Abfluss der dreiecksförmigen Ganglinie beträgt 86 m<sup>3</sup>/s. Die Ereignisdauer wurde mit 4.5 Stunden angenommen.

## 2. Schadenchronik

In den Jahren 1416, 1515, 1566, 1600, 1629, 1762 und 1873 verursachte der Riemenstaldnerbach in Sisikon teilweise schwere Schäden an Kirche und Häusern. In den Jahren 1894, 1901, 1910, 1933 und 1977 verzeichnete man Bachausuferungen mit Folgeschäden. In den Jahren 1980, 1981, 1984 und 1999 konnte man knapp einen Ausbruch des Baches verhindern.

Im Frühjahr 1988 reaktivierte sich die 15 Hektaren grosse Rutschung Binzenegg. Am 23. April 1988 löste sich von der Rutschung Binzenegg schlagartig die 1.8 Hektaren grosse, bewaldete Sekundärrutschung Büelacher/Eich. Es lagerten sich ca. 30'000 Kubikmeter Material im Riemenstaldnerbach ab. Das Ereignis fand rund 500 m oberhalb von Sisikon statt. Sisikon war dadurch gefährdet.

## 3. Bachausbauten bis 1998

**Bachschale Sisikon.** Bis 1977 war einzig die Bachschale im Dorfbereich von Sisikon ausgebaut. Sie führte direkt in den Urnersee. Ihre Merkmale:

Masse: Länge 375 m, Breite 5.5 m, Höhe 3.5 m

Gefälle:

- Schalenbeginn bis Axenstrasse 9.3 %
- Axenstrasse bis SBB-Bahnlinie 7.2 %
- SBB-Bahnlinie bis zur Mündung in den Urnersee 1.8 %.

Brückenüberquerungen:

- Axenstrasse als Teil des Nationalstrassennetzes
- SBB-Bahnlinie, zum internationalen Bahnnetz gehörend
- Fussgängersteg und Dammstrasse als Teil der Gemeindestrassen.

**Sperrentreppe oberhalb Sisikon.** Die Sperrentreppe wurde auf einer Strecke von 360 Metern zwischen 1981 und 1990 gebaut. Ihre Merkmale:

- 17 Betonsperren mit Absturzhöhen von 1.5 bis 8.0 m
- Länge der Sperrenfelder 14 bis 50 m
- Bruttogefälle 11 %
- Die Leitwerke unterhalb der Sperren sind auf einer Länge von 5 Metern mit einem in Beton versetzten Steinsatz ausgeführt. Die restliche Länge besteht aus einem trocken versetzten Steinsatz.
- Die obersten beiden Sperren bilden zusammen mit ihren Leitwerken einen Rahmen. Damit können seitliche Hangkräfte aus einer möglichen Erweiterung des Sekundärrutsches besser abgeleitet werden.
- Im Bereich der Sperrentreppe führen zwei Brücken über den Riemenstaldnerbach. Die CH91-Brücke ist Teil des Weges der Schweiz, der Aegerlisteg gehört zum Gemeindeweg.

Die Sperrentreppe

- stabilisiert das Gerinne im Übergangsbereich von der steilen Schluchtstrecke bis zur Bachschale im Dorf
- wirkt sich positiv auf die Stabilität des rechtsufrigen Rutschhanges aus.
- wirkt dosierend auf den Geschiebetrieb während eines Ereignisses.
- stützt mit den obersten beiden Sperren die Ablagerungen im Bachbett aus dem Sekundärrutsch Büelacher/Eich vor dem Abtransport Richtung Sisikon.

**Strassenverlegung im Mittellauf.** Die Riemenstaldenstrasse wurde zwischen 1986 und 1997 auf einer Länge von 1240 Metern vom Bachlauf weg verlegt. Das brachte Vorteile:

- Der Riemenstaldnerbach bekam ein breiteres Bachbett. Damit soll die Funktion der Umlagerungsstrecke verbessert werden.
- Bei einem zu grossen Geschiebeeintrag aus dem Mittel- und Oberlauf in die Schluchtpartie könnte mit Querwerken Geschiebmaterial zurückgehalten werden. Die Bachsohle wird dann höher.
- Die Riemenstaldenstrasse ist gegen Übersarungen besser geschützt.

#### 4. Bachsanierung im Dorf Sisikon

In Sisikon wurde der Riemenstaldnerbach 1998/99 saniert. Notwendig wurde die Sanierung, weil sich im flachen Mündungsbereich bei Hochwasser Geschiebe ablagerte. Dieser Vorgang wurde häufig noch durch einen Rückstau des Seewassers in die Schale verstärkt. Ablagerungen im Mündungsbereich haben zur Folge, dass

- sich die Bachschale mit Geschiebe füllt
- sich das Durchflussprofil bei den Brücken verkleinert und die Verklausungsgefahr sich erhöht
- sich die Geschiebe-Transportkapazität verkleinert.

All dies erhöht die Ausuferungsgefahr.

**Sanierungsziele.** Mit der Sanierung wollte man

- die zu erwartende Geschiebefracht und das Schwemholz ohne Schaden bis in den Urnersee transportieren.
- einen Geschieberückstau in die Schale verhindern oder wenigstens verzögern.
- das Bauwerk in das Landschaftsbild einpassen.
- den Mündungsbereich ökologisch aufwerten.

**Randbedingungen.** Bei der Sanierung galten folgende Randbedingungen:

- Nach der Realisierung der Bachsanierung im Dorf Sisikon sollte die Gefahrenkarte eine kleinere Fläche mit erheblicher Gefährdung ausweisen als vor der Sanierung. Die Karten mit den verschiedenen Gefahrenabstufungen vor und nach dem Ausbau waren nach den Empfehlungen des Bundes auszuarbeiten.
- Im Urnersee soll sich die Feststofffracht von 33'000 Kubikmetern ablagern können. Es wurde angenommen, dass 6'000 m<sup>3</sup> Schwebstoffe in tiefere Seeregionen verfrachtet würden und 27'000 m<sup>3</sup> Geschiebe sich im Mündungsbereich ablagern.
- Die Geschiebe-Transportkapazität der Bachschale soll derjenigen der Sperrentreppe entsprechen.
- Die Mündungskote der Bachschale in das Ablagerungsbecken bestimmt den Seerückstau in die Schale. Die Mündungskote beeinflusst 1. wesentlich den Zeitpunkt der Geschiebeablagerung in der Bachschale; 2. den Füllungsgrad des Sammlers während eines Ereignisses; 3. die Beckenlänge und damit die Baukosten und den Landbedarf.
- Der massgebende Seewasserspiegel wurde für das Projekt auf 434.40 m ü.M. festgelegt. Dies entspricht dem maximalen Monatsmittel der Sommermonate von 1962 bis 1991.

**Lösung.** Um die oben beschriebenen Randbedingungen erfüllen zu können, musste die Mündung landeinwärts zurückversetzt werden. Der Riemenstaldnerbach mündet so in ein künstlich geschaffenes Seebecken, das die Funktion eines Geschiebesammlers hat. Die Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie (VAW) der ETH-Zürich erhielt den Auftrag, mit Modellversuchen die Wirkung der im Mündungsbereich vorgesehenen Massnahmen zu untersuchen und die Möglichkeit einer Optimierung aufzuzeigen.

Dann wurde die Bachschale von 5.50 auf 7.00 Meter verbreitert. Das Sohlgefälle wurde durchgehend auf 7 Prozent angelegt, damit die Geschiebefracht von 27'000 m<sup>3</sup> in den Geschiebesammler am Delta transportiert werden kann. Ein trocken versetzter Steinsatz schützt die Bachsohle vor Erosion. Die seitlichen Böschungen wurden bis auf eine Höhe von 1.50 Meter mit einem in Beton versetzten Steinsatz gesichert. Die restlichen Böschungsf lächen bestehen aus einem trocken versetzten Steinsatz.

Der Geschiebesammler wurde wie folgt gebaut: Das Becken wurde mit einer Tangenten-Bohrpfahlwand abgeschlossen (Pfahl  $\varnothing$  1.20 m, Länge der Pfahlwand 155 Meter, Pfahllänge 13 m). Die Betonbohrpfähle sind an der Kopfseite mit einer rückverankerten Betonlongarine verbunden. Die Betonlongarine ist an den Längsseiten mit 12 bis 20 m langen Einstab-Ankern gesichert.

Der Beckenrand liegt auf einer Höhe von 434.80 m ü.M. Auf der linken Seite hat man ihn mit einer gesicherten und bepflanzten Böschung an das Gelände angepasst. Auf der rechten Seite vom Beckenrand landeinwärts brachte man einen 3.5 m breiten Bepflanzungsstreifen an und baute eine 3.0 m breite Zufahrtsstrasse und einen 2.5 m hohen gesicherten und bepflanzten Damm.

Das Becken ist bei der Bohrpfahlwand 5 Meter tief (Abstand Mündungskote - Beckenboden). Die Tiefe wird im Bereich der Bohrpfahlwand mit Betonelementen gesichert. Damit soll bei einer Räumung die Einbindetiefe der Bohrpfahlwand (8 Meter) gewährleistet sein.

Nach dem Modellversuch können sich im Sammler, ohne Rückstau in die Schale, ca. 13'000 m<sup>3</sup> Geschiebe ablagern. Mit Auflandung in die Schale vergrössert sich das Volumen auf ca. 21'000 m<sup>3</sup>. Das in den Randbedingungen geforderte Soll von 27'000 m<sup>3</sup> wird damit zu drei Vierteln erreicht.

Die rechtsufrige Strasse dient dem Gewässerunterhalt und dem Campingplatz als Zufahrtsstrasse. Die Strasse verläuft im Bereich des Beckens horizontal und steigt erst bei

Beginn der Schale mit ca. 10 Prozent an. Das rechte Bachufer oberhalb des Sammlers ist niedriger als das linke. Bei einer Auflandung in die Schale bricht der Bach deshalb auf die rechte Seite aus. Der Ausbruch führt über die Zufahrtsstrasse in den Urnersee.

**Die Feuerprobe.** Am 21. Mai 1999 erfolgten die letzten Aushubarbeiten im Sammler. Am 22. Mai 1999 verfrachtete der Riemenstaldnerbach zwischen 30'000 und 37'000 m<sup>3</sup> in sein Delta. Die Feuerwehr konnte einen Bachausbruch verhindern, obwohl die Voraussetzungen für die Geschiebeablagerung im Sammler äusserst ungünstig waren:

- Der hohe Seewasserstand staute sich in die Bachschale hinein (der Geschieberückstau in die Bachschale erfolgte dadurch früher)
- Der Abfluss war geschiebebesättigt (es fehlte die Energie, das Material weit in das Seebecken hinaus zu befördern).
- Das Ereignis dauerte rund 12 Stunden (die dem Modellversuch zugrunde gelegte Ereignis-Ganglinie rechnete mit einer Dauer von 4.5 Stunden).

**Notfallplanung.** Nach dem Ereignis vom 22. Mai 1999 entwickelte man zusammen mit der Gemeinde Sisikon eine Notfallplanung. Diese gibt Auskunft über 1. die Schadengrenze der Bachsanierung im Dorf Sisikon, 2. das Restrisiko, 3. den Aufbau des Warndienstes 4. die Alarmauslösung anhand eines Schemaplanes. Sie gibt auch Hinweise zur Lage- und Gefahrenbeurteilung mit Gefahrenabwehr sowie über die Dokumentation während des Hochwassers.

Für den Campingplatz wurde eine separate Alarmorganisation ausgearbeitet. Diese gibt bei Gefahrensituationen Auskunft über 1. die weisungsbefugten Organisationen (Feuerwehr und Campingplatz-Eigentümer), 2. das Vorgehen bei einer Evakuierung, 3. das Benützen der Erschliessungsstrasse, die als Ersatzbachbett dienen kann.

**Alarmanlage.** Als Mithilfe für die Alarmauslösung dient eine Alarmanlage. Die Messung basiert auf dem pneumatischen Messprinzip. Die Messstation wurde an der Abflusssektion einer Sperre oberhalb des Dorfes Sisikon montiert. Die Wassertiefe wird am Überfall gemessen. Der gemessene Wert wird laufend aufgezeichnet und auf Sunk oder Schwall überwacht. Ändert sich die Wasserführung schneller als ein einstellbarer Gradient, wird ein Alarm ausgelöst. In der Alarmstation befindet sich ein automatisches Alarmgerät, das die erste Pikettstelle anruft.

Die Pegelmessungen werden aufgezeichnet. Allerdings sind sie nicht geeicht. Sie werden stark von den Geschiebeablagerungen auf der Abflusssektion beeinflusst. Trotzdem sind sie nützlich, um den Ablauf eines Ereignisses zu rekonstruieren.

**Restrisiko.** Es bleiben als Restrisiko mehrere Szenarien, bei denen ein Teil- oder Vollausschuss des Abflusses möglich ist:

- Das Naturereignis ist grösser als das Dimensionierungsereignis.
  - Die Anlagen genügen dem Abfluss nicht mehr.
  - Der Geschieberückstau füllt die Schale und verklaust die Brückendurchlässe.
  - Die Schwemmholzmenge ist grösser als angenommen und enthält viele Wurzelstöcke. Damit erhöht sich die Verklausungsgefahr an den Brückendurchlässen.
  - Die Ufersicherungen brechen als Folge der Überbelastung.
- Der Seewasserspiegel liegt höher als 434.40 m ü.M. Dann staut sich das Geschiebe schneller zurück in die Schale als bei niedrigem Seewasserstand. Dies ist insbesondere bei geringer Abflussmenge, beim Abklingen eines Ereignisses der Fall.
- Es folgen zwei Hochwasserereignisse hintereinander und der Sammlerraum kann in der Zwischenzeit nicht geleert werden.

## 5. Sofortmassnahmen am Sekundärrutsch

Im Anschluss an die Bachsanierung im Dorf Sisikon war vorgesehen, im 200 Meter langen Gewässerabschnitt am Fusse des Sekundärrutsches Büelacher/Eich im Riemenstaldnerbach Massnahmen auszuführen, um die Böschungsfuss-Erosion am rechtsufrigen Sekundärrutsch zu verhindern.

Nach dem Hochwasserereignis vom 22. Mai 1999 zeigte sich dieser Gewässerabschnitt verändert:

- Der rechtsufrige Böschungsfuss erodierte auf einer Länge von 110 Metern.
- Die rechtsufrige Böschung wurde örtlich auf einer Höhe von bis zu 30 Meter erodiert.
- Im Erosionsbereich hat sich die Bachbreite gegenüber der Situation vor dem Ereignis zum Teil verfünffacht.
- Der weitaus grösste Anteil der am Delta abgelagerten Geschiebefracht, stammte aus diesem Abschnitt.

Mit den Sofortmassnahmen wollte man eine weitere Seitenerosion erschweren und den Feststoffeintrag in den Unterlauf aus diesem Gebiet möglichst gering halten. Dies erreichte man indem

- der Bachlauf vom erosionsgefährdeten Ufer verlegt wurde
- das Ufer mit einem Blocksatz gegen die Seitenerosion geschützt wurde
- die vorhandenen natürlichen Blockschwellen in der Bachsohle verstärkt wurde
- eine minimale Sohlenbreite von ca. 10 m angestrebt wurde
- die Sohlenerosion durch ein Raubett-Gerinne erschwert wurde.

## **6. Notwasserkonzept**

Die Gemeinde Sisikon bezieht ihr Trinkwasser aus den Quellen „Aegerli“. Diese befinden sich am rechten Ufer, ungefähr 55 Meter unterhalb der obersten Sperre. Für den Bau der letzten Sperrengruppe musste ein Beweis-Sicherungsverfahren angeordnet werden. Während dem Sperrenbau wurden die Quellen beeinträchtigt. Als erste Massnahme konnte eine Hangquelle am westlichen Rand des Sekundärrutsches gefasst und als Notwasser genutzt werden. Nachdem der Bach die oberste Sperre hinterfüllte, wurde am rechten Ufer ein Leitwerk gebaut. Untersuchungen zeigten, dass danach die Aegerliquellen nicht mehr durch Bachwasser infiltriert wurden.

Beim Bau der Sofortmassnahmen entlang dem erodierten Böschungsfuss des Sekundärrutsches befürchtete man eine Beeinträchtigung der Aegerliquellen und der Hangquelle. Das Notwasserkonzept erfordert für diesen Fall eine Notwasserversorgung. Während der Verlegung der Riemenstaldnerstrasse im Mittellauf konnten weitere Quellen vorsorglich gefasst werden. Sie hätten im Notfall das nötige Trinkwasser geliefert. Der Transport nach Sisikon wäre mit Feuerwehrleitungen in kurzer Zeit möglich gewesen. Bei der Ausführung der Sofortmassnahmen wurden die Aegerliquellen jedoch nicht beeinträchtigt.

## **7. Weitere wasserbauliche Massnahmen**

Um den Riemenstaldnerbach besser zu sichern, sind noch einige Massnahmen nötig:

### **Sisikon**

- Änderungen an den Brücken anbringen, z.B. glatte Untersichten, ausgerundete Oberwasserseiten
- Die Sofortmassnahmen entlang dem Sekundärrutsch verbessern und ergänzen.

- Die Zufahrt zum Sekundärrutsch Büelacher/Eich verbessern, um damit die Intervention bei erneuten Hangrutschungen zu erleichtern.
- Bei der Notfallplanung Vorhaltebedingungen für einsatzbereite Räumungsgeräte ausarbeiten. Damit kann man im Ereignisfall sofort an der Mündung intervenieren, um die Auflandung in die Schale möglichst lange zu verzögern

### **Schluchtpartie**

Sperrtreppe im Läckitobel, um bei der Rutschung Chämlezen den Böschungsfuss vor der Bacherosion zu sichern.

### **Mittellauf**

Mit Querwerken soll das Geschiebe dosiert an die Schluchtpartie abgegeben werden. Nach der Expertise über den Feststoffhaushalt von C. Lehmann (1994) wäre diese Massnahme aus geschiebetechnischer Sicht nicht notwendig.

## Die Schwemmholzproblematik am Riemenstaldnerbach

Bei einem Hochwasserereignis im Riemenstaldnerbach besteht die Gefahr einer Verklausung des Gerinnequerschnittes im Dorf Sisikon. Ursache dazu sind die zu geringen Durchflussflächen bei den Brücken und zusätzlich deren Verkleinerung bei Geschiebeablagerungen in der Schale. Die Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie der ETH-Zürich (VAW) erhielt von der Baukommission Riemenstaldnerbach den Auftrag, im hydraulischen Modell die Durchgängigkeit der Brücken im Dorf zu untersuchen und Möglichkeiten zu finden, Schwemmholz oberhalb des Dorfes zurückzuhalten. Der Modellversuch wurde in drei Phasen eingeteilt:

- Phase I: Grundlagen bereitstellen (Hydrologie, Geschiebe, Schwemmholzmenge)
- Phase II: Modellversuch zu Holzablagerungs- und Verklausungsverhalten in der Bachschale im Bereich der Brücken
- Phase III: Modellversuche zu selektiven Holzurückhalte-Massnahmen für Wurzelstöcke im Bereich der Sperrentreppe oberhalb Sisikon.

### Phase I

Das Büro DUWAPLAN, Altdorf erhielt den Auftrag, zusammen mit der VAW folgende Abklärungen zu treffen:

- Beschreiben der Prozesse, welche Holz mobilisieren können.
- Abschätzen des Potenzials an mobilisierbarem Holz auf der Basis
  - einer Beurteilung des Waldzustandes im bachnahen Einzugsgebiet
  - der Erosionsprozesse bei Hochwasser
  - der Stabilität der Ufer.
- Abschätzen der Zusammensetzung des Schwemmholzes auf Grund von Begehungen und Bilddokumenten vergangener Ereignisse.

Mit Luftbildern konnte man sich einen Überblick verschaffen, wo Schwemmholz anfällt. Ausserdem konnten diejenigen Gebiete bestimmt werden, die eingehende Feldaufnahmen benötigten. Bei der Bestimmung der Schwemmholzmenge und dem Schwemmholzpotenzial wurden die zu erwartenden Erosionsprozesse, die aktuelle Waldbestockung und das freiliegende Totholz im Gerinne erfasst und ausgewertet.

Die Teilflächen, aus denen mit Schwemmholz gerechnet werden musste, wurden in einem Situationsplan dargestellt und mit Nummern bezeichnet. Für jede Fläche wurden das

Schwemmholzpotenzial und die Schwemmholzmenge eines 100 jährigen Ereignisses bestimmt. Die Auswertung ergab für den Riemenstaldnerbach eine Schwemmholzmenge von 350 - 400 m<sup>3</sup> und ein Schwemmholzpotenzial von 850 m<sup>3</sup>.

Anhand von Fotos und Luftbildern der verschiedenen Hochwassereignisse sowie aus Feldaufnahmen wurden drei Holzklassen gebildet, die sich in der Länge und im Durchmesser unterschieden.

## **Phase II**

Die Versuchsergebnisse zeigten, dass Probleme infolge von Wurzelstöcken und sperrigen Stämmen bei den Brücken zu erwarten sind. Festgestellt wurde:

- Ohne Auflandung führen lediglich extrem grosse Wurzelstöcke (grösste Abmessung über 3 Meter) zu Verklausungen.
- Mit Auflandung führen hauptsächlich grosse Wurzelstöcke oder sperrige Stämme in Verbindung mit unmittelbar nachfolgendem Stammholz zu Verklausungen. Die Versuche erfolgten auf Grundlage des Auflandungsverhaltens bei den Modellversuchen zum Geschiebesammler am Delta. Diese zeigten im Bereiche der SBB-Brücke eine Auflandung von 1.50 Metern an, die bei der Axenstrasse auf Null auslief. Während dem Ereignis vom Mai 1999 ergaben sich Auflandungen im Bereiche der SBB-Brücke und der Axenstrassenbrücke von je etwa 2 Metern.
- Stammholz allein sowie kleinere Wurzelstöcke (grösste Abmessung < 2 m) wurden bei den Brücken weitgehend problemlos durchtransportiert und führten zu keinen Verklausungen. Den Versuchen lagen die gemessenen Auflandungen in der Schale aus dem Modellversuch über den Geschiebesammler am Delta zugrunde.
- Holzhaufenbildungen in der Schale wurden erst bei abklingendem Hochwasser beobachtet, wobei das Bachprofil nie vollständig versperrt wurde.

Aufgrund dieser Erkenntnisse wurde der selektive Holzurückhalt für grosse Wurzelstöcke mit Abmessungen > 2 Meter als Zielsetzung für die Holzurückhalte-Massnahmen definiert. Geschiebe, Stammholz und kleine Wurzelstöcke müssen nicht zurückgehalten werden, da der Weitertransport durch die Schale in den See gewährleistet ist.

## **Phase III**

Die Versuche zeigten, dass die geeignetsten Wurzelstockfänge aus zwei horizontalen, über die halbe Gerinnebreite angeordneten Balken bestehen. Die Höhen und Breiten werden so

gewählt, dass selbst bei verkleusten Bauwerken seitlich immer ein Abflussquerschnitt frei bleibt.

In mehreren Optimierungsschritten wurden im Verlaufe des Modellversuchs die Wurzelstockfänge in der bestehenden Sperrentreppe bezüglich Standort und Abmessung auf den maximal möglichen selektiven Rückhalt von Wurzelstöcken verbessert. Die beste Lösung wurde mit einer wechselseitigen Anordnung der Wurzelstockfänge erreicht.

Die Ergebnisse der Modellversuche lassen folgende Schlüsse zu:

- Der angestrebte selektive Rückhalt der grossen Wurzelstöcke von über 2 Metern ist nur bei einem häufig auftretenden Ereignis (HQ20) vollständig. Für das Bemessungsereignis (HQ100) werden einige grosse Wurzelstöcke und für das Extremereignis (EHQ) zahlreiche grosse Wurzelstöcke weiter transportiert. Kleine Wurzelstöcke (Abmessung < 2 m) werden bei allen untersuchten Ereignissen zu ca. 50-60 % weiter transportiert.
- Pro Wurzelstockfang kann nur eine begrenzte Anzahl Wurzelstöcke aufgehalten werden. Ist der Wurzelstockfang gefüllt, werden nachfolgende Wurzelstöcke und Stammholz weiter transportiert. Es wurde bereits bei Versuchsbeginn vermutet, dass nicht 100 % der Wurzelstöcke > 2 m bei jedem Belastungsfall zurückgehalten werden können.
- Beim Bemessungs- und beim Extremereignis sind vollständige Verkläuerungen des Gerinnes mit Ausuferungen beobachtet worden. Insbesondere nach dem ersten Wurzelstockfang sind Sicherungen gegen Ausuferungen notwendig. Es zeigte sich, dass dieses System im Riemenstaldnerbach nicht ohne Schäden überlastet werden kann.

Nach eingehender Untersuchung entschied sich die Baukommission Riemenstaldnerbach, vorläufig auf Massnahmen des selektiven Wurzelstockrückhaltes zu verzichten, da insbesondere die umfangreichen Umbauten der bestehenden Ufersicherungen das Kosten/Nutzen-Verhältnis ungünstig beeinflussen. Es sollen weitere Massnahmenkombinationen untersucht werden, um die heute noch bestehenden Risiken zu mindern.

Wo Schwemmholz in Wildbächen für die Unterlieger ein Problem bilden, können die Untersuchungen der VAW als Grundlage dienen. Dabei ist zu beachten:

- Mit der Anordnung der Wurzelstockfänge soll eine Strömungsänderung bewirkt werden, wodurch die Wurzelstöcke in den Fängen zurückgehalten werden. Bei einem mäandrierenden Wildbach sind die Fänge mit Vorteil an der Aussenkurve anzuordnen.
- Starke Ablenkungen der Strömung können zu grossen Belastungen der Böschungen führen und Ausuferungen verursachen.

- Unterhalb den Sperren, bei den Einbauten für die Fänge und bei den Leitwerken sind tiefe Kolke zu erwarten.
- Eine Kolkebegrenzung soll möglichst tief angeordnet werden, da deren Lage das Abfangen der Wurzelstöcke und die Belastung der Leitwerke beeinflusst.
- Beim Riemenstaldnerbach war der oberste Wurzelstockfänger der problematischste (Verklauung des Gerinnes, Ausuferungen). Die Versuche zeigten eine optimale Wirkung, wenn der Fänger nicht zu weit in das Abflussprofil ragte.
- Holz- und Geschiebeablagerungen können die Abflusskapazität örtlich stark beeinträchtigen.

**Fazit:** Ohne fallspezifische Untersuchungen (Modellversuche) kann man nur in speziellen Fällen eine Aussage über die wirksame Anordnung der Wurzelstockfänge machen.

#### Literatur:

*C. Lehmann* (1994) Expertise Geschiebe Riemenstaldnerbach: Feststoffhaushalt und Verlagerungsprozesse während eines künftigen Grossereignisses

*A. Chervet, B. Zarn* (1995) Bericht über die Modelluntersuchungen zur Gestaltung der Mündung des Riemenstaldner Baches in den Urnersee, Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie der ETH, Bericht Nr. 4074

*H. Duss* (1999) Schwemmholzuntersuchungen Riemenstaldnerbach, Gemeinde Sisikon, Morschach und Riemenstalden, Kommentar zur Abschätzung der Schwemmholzmenge und des Schwemmholzpotenziales, Zustand 1999, Ingenieurbüro DUWAPLAN, Altdorf

*G.R. Bezzola, H. Sigg* (2001) Schwemmholz Riemenstaldnerbach, Bericht über die hydraulischen Modellversuche zur Durchgängigkeit der Bachschale im Dorf Sisikon und zum Rückhalt von Schwemmholz oberhalb des Dorfes, Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie der ETH, Bericht Nr. 4074

*A. Zwysig, Ingenieurbüro AG, Kissling + Zbinden AG* (2001) Arbeitspapier, Schwemmholz - Rückhaltmassnahmen.