Seilnetzsperren zum Schwemmholzrückhalt : Anwendungsbereich und Bemessungskonzept

Autor(en): **Rimböck, Andreas**

Objekttyp: **Article**

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

Band (Jahr): **98 (2006)**

Heft 3

PDF erstellt am: **31.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-939348

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Seilnetzsperren zum Schwemmholzrückhalt

Anwendungsbereich und Bemessungskonzept

■ *Andreas Rimböck*

Zusammenfassung

In einem umfangreichen Forschungsprojekt, bestehend aus Versuchen am physikalischen Modell und in der Natur, wurde die Eignung von Seilnetzsperren zum Schwemmholzrückhalt bestätigt sowie die Vorgänge und Einwirkungen auf Seilnetzsperren beim Schwemmholzrückhalt untersucht. Die wesentlichen Einflussfaktoren und die Kräfte auf das Netz und die Ankerseile wurden bestimmt. Der empfohlene Anwendungsbereich und das darauf basierende Bemessungskonzept werden im Folgenden vorgestellt. Die wesentliche Bemessungsgrösse ist die erforderliche Netzhöhe, in welche das Bachgefälle, die Holzmenge, der Abfluss, die Gerinnerauheit, der Feinanteil im Holz und die Neigung der Uferböschungen einfliesst. Die Seil- bzw. Ankerkräfte errechnen sich aus der Netzhöhe und dem Stützkraftansatz. Erfahrungen aus der Praxis fanden Eingang in die Bemessungsempfehlungen.

1. Einführung

Seilnetzkonstruktionen bestechen durch einfache Bauweise, zügige Bauabwicklung und Wirtschaftlichkeit. Zur Erweiterung des Einsatzbereiches wurde die Eignung zum Schwemmholzrückhalt systematisch untersucht. Das hier vorgeschlagene Bemessungskonzept basiert auf den Messergebnissen zahlreicher Modell- und Naturversuche, sowie Praxiserfahrungen. Eine ausführliche Dokumentation der grundlegenden Überlegungen und Versuchsreihen findet sich bei Rimböck (2002) und Rimböck (2003).

Das hier vorgestellte Bemessungsverfahren gilt nur für den Rückhalt von Schwemmholz und Geschiebe, nicht für das Auffangen von Muren. Allerdings gibt es bereits Netzsperren, die erfolgreich Muren zurückgehalten haben (vgl. Roth et al. [2004]).

Einen Überblick über den Ablauf des Bemessungsverfahrens zeigt *Bild 2*. Die wichtigsten im weiteren Text verwendeten Bezeichnungen und Grössen veranschaulicht *Bild 3*.

Bemessung

Der gesamte Ablauf der Bemessung einschliesslich der zugehörigen Formeln ist in *Bild 4* schematisch dargestellt.

1. Vorarbeiten: Auswahl einer Sperrenstelle, Anwendungsbereich, Eingangsdaten

Die in *Bild 3* gezeigten Grössen sind bis auf den Aufstau h_B und den Bodenabstand a als Eingangsgrössen für die Bemessung zu erheben bzw. abzuschätzen. Zur Ermittlung der potenziellen Schwemmholzmenge wird auf Rickenmann (1997), Duss (1999) oder Rimböck (2001) verwiesen, falls eine detaillierte Ermittlung durch Begehung nicht möglich sein sollte.

Da einige der Eingangsgrössen (z. B. Holzmenge, Feinanteil) stark schwanken, sollten immer Berechnungen für mehrere (Extrem-)fälle durchgeführt werden.

Bild 1. Systematische Untersuchungen zu Netzsperren: links Modellversuch, rechts Naturversuch.

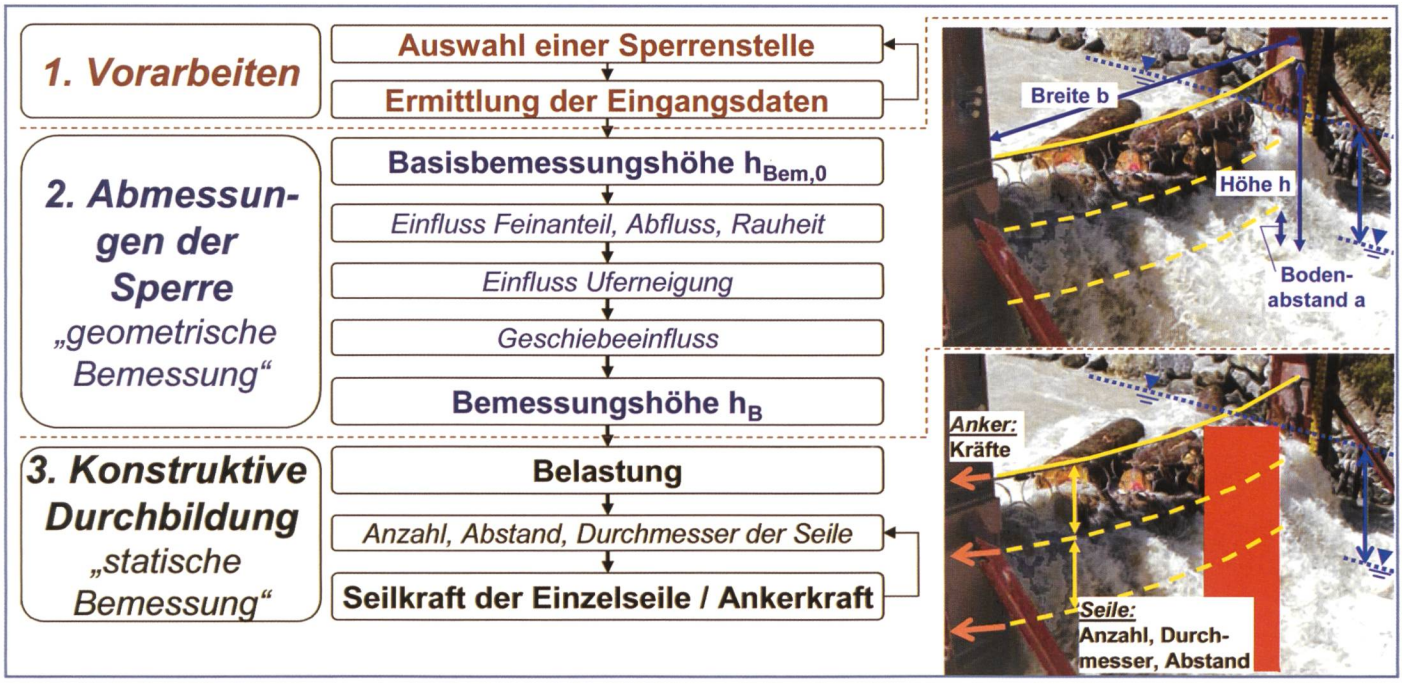

Bild 2. Ablauf der Bemessung von Seilnetzsperren zum Schwemmholzrückhalt.

Eine geeignete Sperrenstelle weist folgende Randbedingungen auf:

- gerader Bachabschnitt: → gute Anströmung, gleichmässige Belastung der Ufer
- Kurvenradius: > 10 · Bachbreite; Abstand nach Kurven: > 5 · Bachbreite
- flaches Gefälle: → grosser Rückhalteraum, geringe Belastung des Netzes; zudem bessere Trennung von Holz und Geschiebe
- hohes, flaches und felsiges Bachufer
  - · Aufstau über die Bemessungshöhe h_B hinaus -> nur Über-, keine Umströmung
  - · flach geneigt → Belastung durch Aufweitung nach oben verringert
  - · nicht zu flach geneigt: sonst werden die obere Seile zu lang
- felsiger Untergrund → Verankerung der Seile möglich
- breiter Bach: spezifische Eingangsgrössen klein → Belastungen geringer; (falls Breite zu gross → Belastung auf die einzelnen, langen Seile zu hoch)
- gut zugängliche Sperrenstelle → einfache Inspektion und Räumung
- nah am Ort der geforderten Schutzwirkung → geringe Schwemmholzmenge aus Zwischeneinzugsgebiet

Die Grenzen des Anwendungsbereiches von Seilnetzsperren zum Schwemmholzrückhalt zeigt *Tabelle 1*. Werden diese überschritten sollte auf eine andere Sperrenstelle oder eine andere Bauweise zurückgegriffen werden, wie Rechen, Schlitz- oder Gittersperren. *Bild 5* zeigt eine Empfehlung für die Anwendungsbereiche der gängigsten Holz-

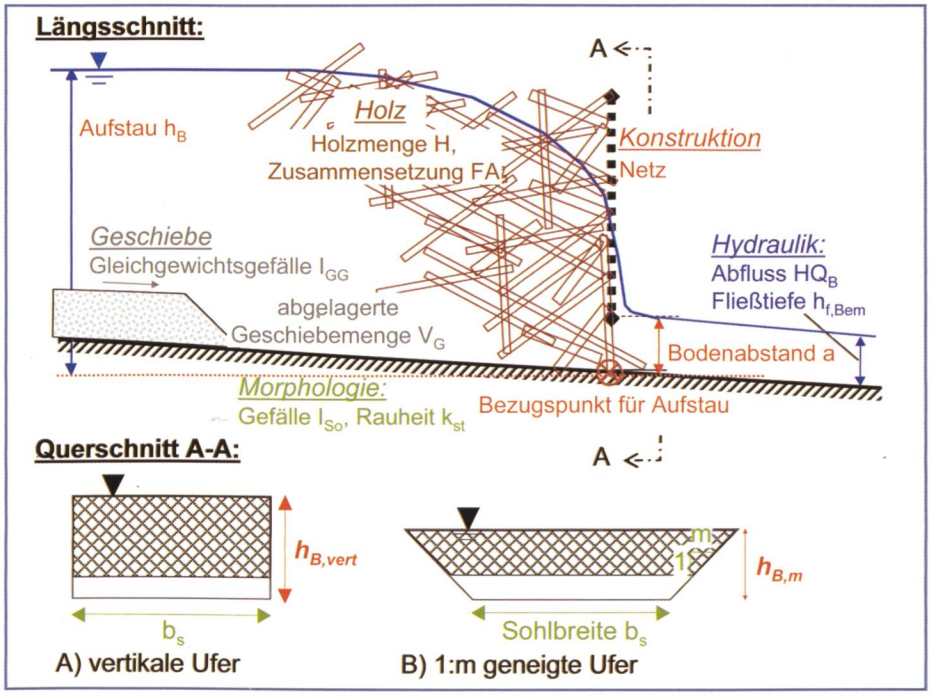

Bild 3. Bezeichnung der Grössen.

rückhaltesperren in Abhängigkeit der beiden wichtigsten Bemessungsgrössen: spezifischer Abfluss und spezifische Holzmenge. Die v-förmigen Rechen (B) wurden eingehend von Knauss (1995) untersucht.

2. Abmessungen der Sperre

Der Aufstau oberhalb des Netzes steigt mit der Holzmenge H und dem Gefälle I_{So}. Daraus errechnet sich der Basis-Bemessungswert für den Aufstau $h_{Bem,0}$. Diesem Basiswert liegen zugrunde: Rauheit $k_{st,Basis}$ = 35 $m^{(1/3)}/s$, Abfluss q_{Basis} = 3,0 m^3/sm, Feinanteil FA = 15% und vertikale Ufer.

Rauere Bäche erlauben die Abtragung von Lasten in die Sohle und Ufer, was den Aufstau verringert. Mit grösserem spezifischen Abfluss q steigt der Aufstau oberhalb des Netzes, bei sonst gleichen Eingangsparametern. Kleine Äste und Zweige, sowie Gras und Laub werden über den Feinanteil FA als prozentualer Anteil an der Holzmenge H erfasst. Je feiner die Zusammensetzung des zurückgehaltenen Schwemmholzes ist, desto dichter wird der Holzverhau und umso höher steigt der Aufstau oberhalb des Netzes bei sonst gleichen Randbedingungen. Abweichungen von den oben genannten Basisgrössen werden durch die Faktoren f_{Rauh}, f_q und f_{FA} berücksichtigt, woraus sich die vertikale Bemessungshöhe $h_{B,vert}$ ergibt.

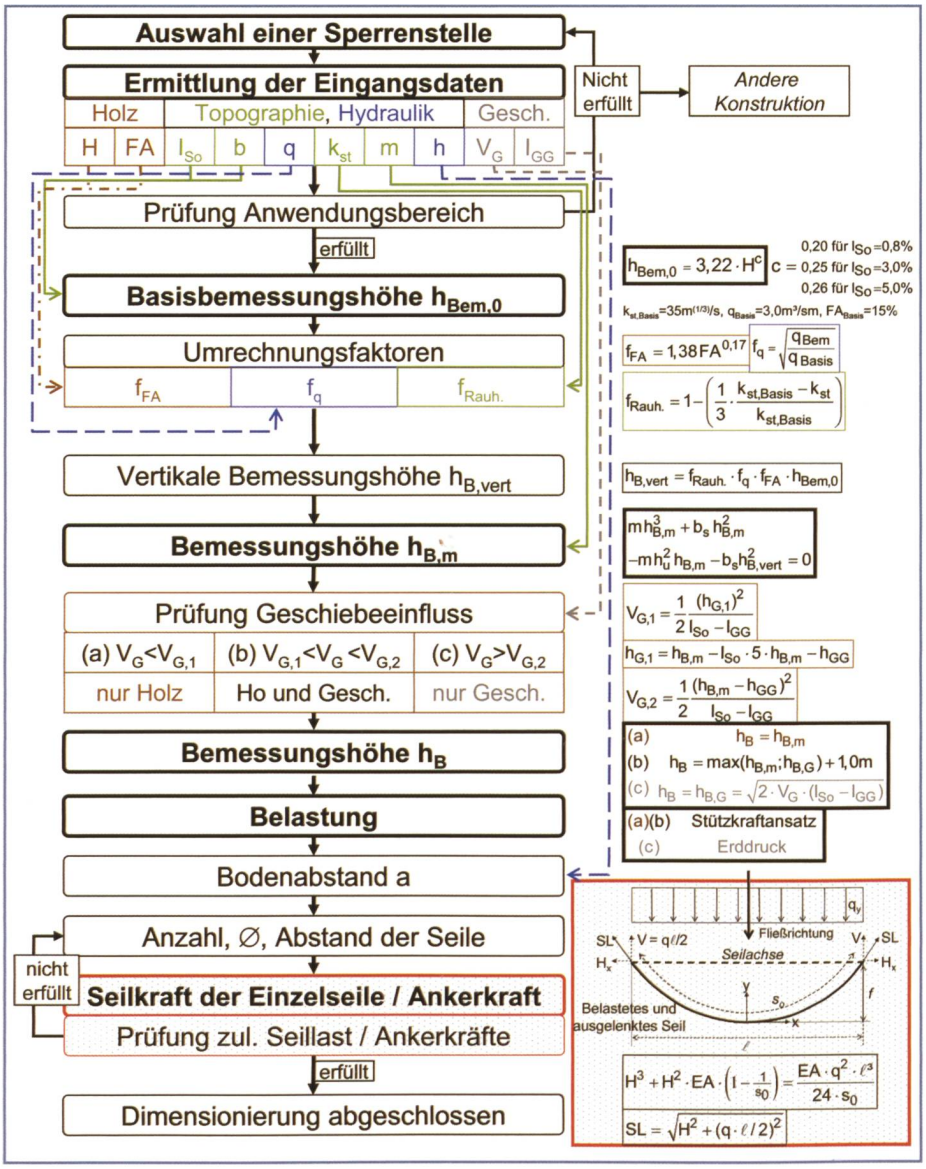

Bild 4. Ablauf der Bemessung einschliesslich Formeln.

Sohl-breite b_s	Kurven-radius r	Abfluss q	Gefälle I_{So}	Holzmenge H (Bemessungsereignis)	Geschiebemenge V_G (Bemessungsereignis)
≤ 15 m	> 10 fache Breite	≤ 5,0 m³/sm	≤ 5 %	≤ 20 m³/m	≤ 100 m³/m

Tabelle 1. Anwendungsbereich Schwemmholznetze (spezifische Werte: bezogen auf Sohlbreite bs unter dem Netz).

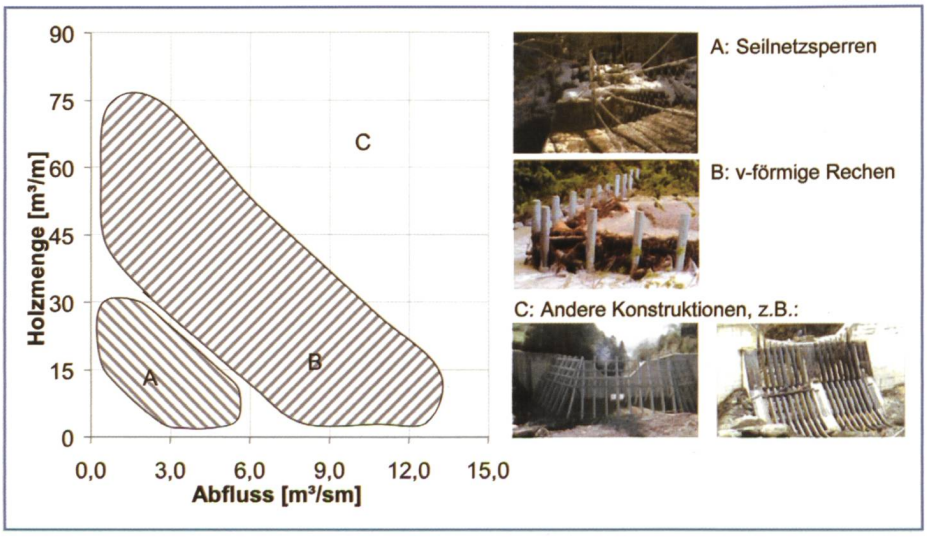

Bild 5. Abgrenzung des Einsatzbereiches verschiedener Holzrückhaltesperren.

Gegenüber vertikalen Ufern verringern flach geneigte Ufer den Aufstau oberhalb der Sperre, da die mit zunehmendem Aufstau grössere Wasserspiegelbreite eine Verteilung des Holzes vor dem Netz zulässt. Der entsprechende Abminderungsfaktor kann aus *Bild 6* abgelesen werden oder nach der Formel in *Bild 4* iteriert werden.

Auswirkungen des Geschieberückhaltes

Wenn Geschiebemengen $V_G < V_{G,1}$ abgelagert werden, beeinflusst die Geschiebeablagerung den Aufstau nicht (Fall a). Für $V_{G,2} > V_G > V_{G,1}$ wird der Holzverhau verdichtet und damit der Aufstau erhöht (Fall b). Für $V_G > V_{G,2}$ dominiert das Geschiebe und das Holz spielt für die Bemessung keine Rolle mehr (Fall c). Die massgebende Bemessungshöhe h_B ergibt sich für die einzelnen Fälle aus den in *Bild 4* dargestellten Formeln. Diese entspricht der erforderlichen Sperrenhöhe bzw. der Höhe des obersten Seiles über der Bachsohle.

Bodenabstand a

Der Bodenabstand a ist unter sorgfältiger Abwägung des gewünschten Schutzniveaus unterhalb der Sperre und der Fliesstiefenverhältnisse an der Sperrenstelle für jede einzelne Sperre individuell zu wählen. Wird er zu klein gewählt, tritt der Rückhalt sehr frühzeitig ein und die Sperre ist ggf. zu schnell mit feinem Material gefüllt. Wird er hingegen zu gross gewählt, können auch grössere Stämme unter dem Netz passieren und eine Verklausungsgefahr darstellen. Ausserdem muss das unterste Tragseil dann sehr grosse Lasten abtragen (vgl. Einflusshöhe in *Bild 7*).

Als Anhaltswert für den Bodenabstand dient die Fliesstiefe beim demjenigen Abfluss, bei dem erstmals ein Transport von grösseren Schwemmholzteilen stattfindet – in etwa HQ_5 bis HQ_{20}, falls diese Angaben nicht verfügbar sind auch 0,5 bis 1,0 m. Bei geringer Verklausungsgefahr unterhalb (breiter, gleichmässiger Bachlauf) kann er vergrössert werden, um zu Beginn mehr kleineres Holz durchzulassen.

Wichtig: der Bodenabstand kann sich unter Belastung vergrössern (vertikaler Seildurchhang schwingt durch Holzrückhalt in die Horizontale bzw. sogar leicht nach oben – vgl. *Bild 7*). Dem kann ggf. durch eine oder mehrere Zwischenstützen begegnet werden, die dann allerdings zusätzlich auf Anpralllasten zu bemessen sind.

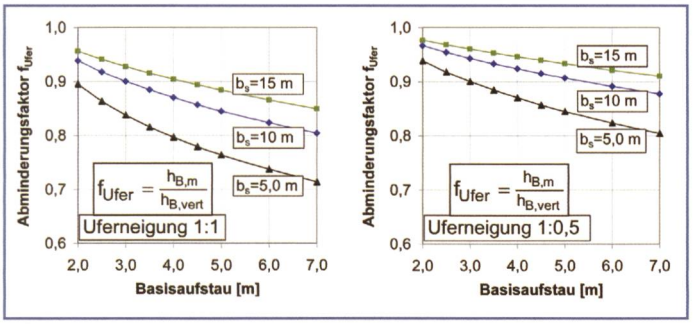

Bild 6. Reduktionsfaktoren f_{Ufer} für einige typische Fälle.

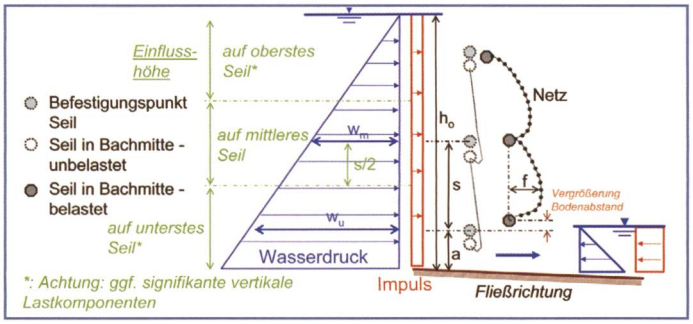

Bild 7. Aufteilung der Belastung auf die einzelnen Seile.

3. Konstruktive Durchbildung

3.1 Dimensionierung der Einzelseile

Dieser Schritt erfolgt iterativ: nach Wahl des Seildurchmessers und der Seilabstände werden die Belastungen der einzelnen Tragseile ermittelt. Falls erforderlich, erfolgt daraufhin eine Anpassung von Durchmesser und Abständen sowie eine neue Berechnung.

Die aus der Bemessungshöhe h_B ermittelte Gesamtbelastung wird für die Fälle (a) und (b) (Schwemmholz massgebend) (Wasserdruck+Impuls) oberstrom – (Wasserdruck+Impuls) unterstrom = Netzbelastung, unter Ansatz des Stützkraftansatzes errechnet. Bei überwiegender Belastung durch Geschiebe (Fall [c]) ist der Ansatz des aktiven Erddruckes unter Annahme der Feuchtwichte des Materials ausreichend. Diese Gesamtbelastung wird auf die einzelnen Tragseile verteilt. Die Einflusshöhe der Belastung für ein einzelnes Seil ergibt sich aus der Summe je eines halben Seilabstandes (Abstand zwischen dem betrachteten Seil und dem nächsttieferen bzw. dem nächsthöheren Seil) nach unten und nach oben. Beim untersten bzw. obersten Seil reicht die Einflusshöhe von der Mitte zum benachbarten Seil bis zur Bachsohle bzw. zum Wasserspiegel (vgl. *Bild 7*). Aus der einwirkenden Belastung und dieser Einflusshöhe erhält man die Seilbelastung q_y. Mit Hilfe der Seilgleichung (vgl. Palkowski (1990) und *Bild 4*) werden die einzelnen Seillängskräfte SL und Ankerlasten errechnet.

Für die Tragseile ist, abhängig von der nationalen Normung, ein entsprechender Sicherheitsfaktor SF_{Seil} anzusetzen. Für die Anker sollte der Sicherheitsfaktor$_{Anker}$ deutlich höher gewählt werden.

Das untere Seil ist aufgrund seiner exponierten Lage und hohen Belastung von entscheidender Bedeutung für das Gesamtsystem. Zur Sicherheit sollte der Abstand zwischen dem untersten und nächst höheren Seil gering gewählt werden (bis rund 0,5 m).

Ein Beispiel für eine nach obigem Konzept berechnete Netzsperre zeigt *Bild 8*. Dabei wurden folgende typische Randbedingungen zugrunde gelegt:

- Morphologie: Sohlgefälle I_{So} = 3,0%; Rauheit k_{st} = 25 m $^{(1/3)}$/s
- Hydraulik: Abfluss q = 3,8 m^3/sm
- Schwemmholz: Menge H = 8,2 m^3/m (Menge nach Rickenmann (1997) für ein Einzugsgebiet von A = 2,0 km^2
- Geschiebe: V_G = 150 m^3/m; I_{GG} = 2,0% -> nur Schwemmholzrückhalt entscheidend
- Seile: Durchmesser = 22 mm; E = 32 500 kN/mm^2

Kämen Seile mit 26 mm Durchmesser zum Einsatz, würden 5 Seile in den Höhen 0,6 m, 1,2 m, 2,0 m 3,0 m und 4,5 m ausreichen.

Weitere Hinweise zur Konstruktion

Generell werden Ringnetze aufgrund ihrer guten Lastabtragung und grossen Verformbarkeit empfohlen. Die Netze sollten schlaff eingebaut werden, um bei Belastung grosse Netzdurchhänge zu erlauben. Die Maschenweite sollte ähnlich wie der Bodenabstand in Abhängigkeit vom erforderlichen Schutzniveau festgelegt werden. Richtwerte: grösseren Sperren (Bachbreite ab 7,0 m) – Ringdurchmesser 50 cm; kleinere Sperren – 30 cm. Ggf. können im unteren Bereich kleinere Maschenweiten als im oberen Sperrenbereich angewendet werden (frühzeitiger Holzrückhalt bei ausreichend Reserven für den Rückhalt von sperrigem Schwemmholz und Grobgeschiebe). Die Anker sollten gegenüber der Netzebene um 10 bis 20° nach oberstrom geneigt werden (vgl. Seillinie unter Last).

Sehr wichtig ist eine Sicherung der Bachsohle ober- und unterstrom der Netzsperre. Die minimale Sicherungslänge beträgt: 2fache Bemessungshöhe h_B nach ober- und nach unterstrom. Eine vollständige Energieumwandlung bedarf einer gesonderten Bemessung. Das oberstromige wie auch das unterstromige Ende des Kolkschutzes sind zuverlässig zu sichern.

Bremselemente sollten bei Schwemmholznetzen mit der im wesentlichen statischen Belastung nicht angewendet werden, da durch eine starke Längung des Seils der Bodenabstand enorm vergrössert werden kann (Holzdurchgang!).

Die Konstruktion muss in jedem Einzelfall sorgfältig auf das Gefahrenpotenzial unterhalb der Rückhaltesperre abgestimmt werden. Die errichteten Sperren müssen gut beobachtet und nach einem Holzrückhalt zügig entleert werden.

Zwei Beispiele von realisierten Netzsperren in Bayern während bzw. nach dem Augusthochwasser 2005 zeigt *Bild 9*.

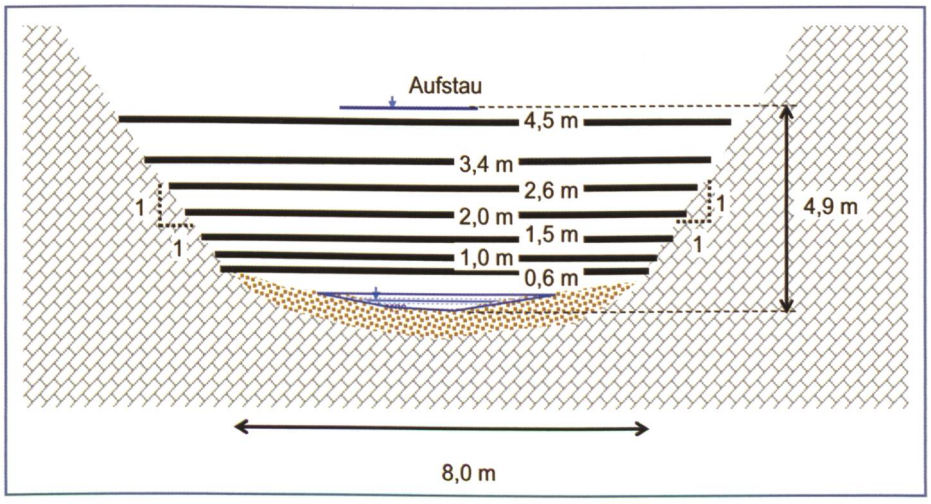

Bild 8. Beispiel für eine Sperrenkonstruktion.

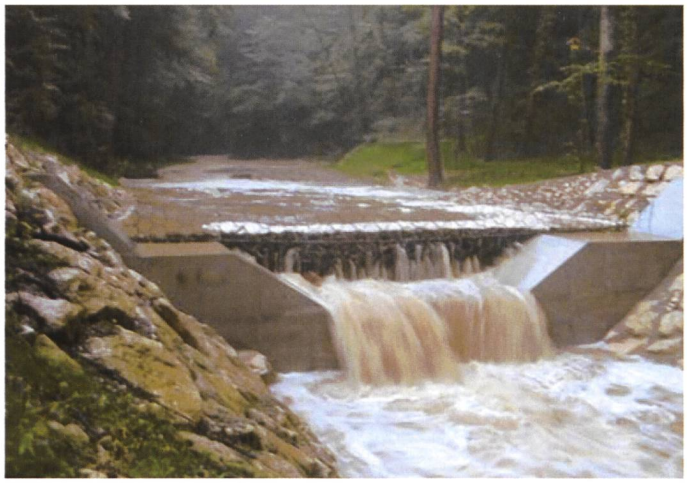

Bild 9. links: Seilnetzsperre Burgleitenbach, Lkr. Weilheim-Schongau; rechts: Seilnetzsperre Kanker, Lkr. Garmisch-Partenkirchen.

Bild 10. links: Modellversuche zu «Teilnetzen» in Kurven; rechts: Modellversuch zu v-förmigen Netzen.

Ausblick

Auch andere Formen von Netzsperren wurden im Modell untersucht. So konnte über ein im Grundriss v-förmiges Netz der Aufstau um rund 10% gegenüber einem «geraden» Netz (im rechten Winkel zur Fliessrichtung) reduziert werden (vgl. *Bild 10*). Praxiserfahrungen mit dieser Bauweise fehlen bisher noch. In Anlehnung an die Versuche von VAW (2001) (vgl. auch Bezzola (2001)) wurde auch die Anordnung von «Teilnetzen» oder auch Balkenkonstruktionen in einer Bachkurve untersucht. Hiermit sollen vor allem grössere Schwemmholzteile, wie Wurzelstöcke zurückgehalten werden. Die Ergebnisse waren ermutigend. Aufgrund der komplexen Strömungsverhältnisse, der zur Sicherung vor Erosion unbedingt erforderlichen Ufer- und Sohlsicherungsmassnahmen und der Optimierung der Anordnung in jedem Einzelfall wird für derartige Lösungen dringend die Durchführung eines Modellversuches empfohlen.

Literaturhinweise

Bezzola, G.R. (2001): Schwemmholz – Rückhalt oder Weiterleitung?; in «Wasser Energie Luft», 93. Jahrgang, 2001, Heft 9/10, Seiten 247–252

Duss, H. (1999): Kommentar zur Abschätzung der Schwemmholzmenge und des Schwemmholzpotenzials, Schwemmholzuntersuchungen Riemenstaldnerbach, Zustand 1999, unveröffentlicht

Knauss, J. (1995): Treibholzfänge am Lainbach in Benediktbeuern und am Arzbach (ein neues Element im Wildbachausbau) in: Berichte der Versuchsanstalt Obernach und des Lehrstuhls für Wasserbau und Wassermengenwirtschaft der Technischen Universität München, Nr. 76, S. 23–66; 1995

Palkowski, S. (1990): Statik der Seilkonstruktionen; Springer-Verlag

Rickenmann, D. (1997): Schwemmholz und Hochwasser; in «Wasser Energie Luft – Eau, energie air»; 89. Jahrgang 1997, Heft 5/6, S. 115–119

Rimböck, A.; Strobl, Th. (2001): Luftbildbasierte Abschätzung des Schwemmholzpotenzials (LASP) in Wildbächen; Berichte des Lehrstuhls und der Versuchsanstalt für Wasserbau und Wasserwirtschaft, Technischen Universität München Nr. 91; S. 202–213; 2001

Rimböck, A. (2002): Seilnetzsperren zum Schwemmholzrückhalt – Planung, Durchführung und Ergebnisse der Naturversuche; Berichte des Lehrstuhls und der Versuchsanstalt für Wasserbau und Wasserwirtschaft, Technische Universität München, Nr. 93, S. 31–90

Rimböck, A. (2003): Schwemmholzrückhalt in Wildbächen – Grundlagen zu Planung und Berechnung von Seilnetzsperren; Berichte des Lehrstuhls und der Versuchsanstalt für Wasserbau und Wasserwirtschaft, Technische Universität München, Nr. 94

VAW (2001): Schwemmholz Riemenstaldnerbach; Versuchsbericht Nr. 4138 der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich, unveröffentlicht

Roth, A; Kästli, A.; Frenez, T. (2004): debris flow mitigation by means of flexible barriers; Internationales Symposion Interpraevent 2004 – Riva del Garda; Tagungspublikation, Band 3; S. 289–300.

Anschrift des Verfassers:
Dr.-Ing. *Andreas Rimböck*
Wasserwirtschaftsamt Weilheim
Pütrichstr. 15
D-82362 Weilheim, Deutschland
Tel. +49-881-182-209
A_Rimboeck@web.de