

Zeitschrift: Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik : VPK = Mensuration, photogrammétrie, génie rural

Herausgeber: Schweizerischer Verein für Vermessung und Kulturtechnik (SVVK) = Société suisse des mensurations et améliorations foncières (SSMAF)

Band: 83 (1985)

Heft: 12

Artikel: Kontrollierte Geschiebeablagerung in Wildbächen

Autor: Zollinger, F.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-232634>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 16.05.2025

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

Kontrollierte Geschiebeablagerung in Wildbächen

F. Zollinger

Geschiebeablagerungsplätze sind im Rahmen der übergeordneten Wildbachverbauung Symptombekämpfungsmassnahmen mit dem Zweck, in extremen Abflusssituationen Geschiebespitzen zu brechen. Anspruchsvollere Bauwerke ermöglichen es dem Wildbach nach solchen Ereignissen, das abgelagerte Geschiebe teilweise wieder selbsttätig abzuspielen.

Der Beitrag gibt die Zusammenfassung einer umfangreicheren Arbeit über die Vorgänge in einem Geschiebeablagerungsplatz und die Möglichkeiten einer Steuerung. Dazu stehen vor allem das Ein- und Auslaufbauwerk sowie Volumen und Grundrissform des Ablagerungsplatzes zur Verfügung. Neben den Elementen des Wassers und des Geschiebes spielt in praktisch jedem Wildbach auch das Treibholz eine ausschlaggebende Rolle, indem es die Wasserbauten verklauen kann, womit der weitere Abfluss behindert wird. In Berücksichtigung dieser drei Elemente werden Ablagerungen und Spülungen und schliesslich schwerwichtig die konstruktiven Folgerungen für den Bau eines Ablagerungsplatzes behandelt.

Cet article présente le résumé d'un travail de recherche sur les phénomènes observés dans une place de dépôt de sédiments de torrent. Cette étude est le résultat d'une collaboration entre l'institut du génie rural et l'institut de recherche pour la construction hydraulique, l'hydrologie et la glaciologie de l'école polytechnique fédérale de Zurich. Elle se base sur l'expérience pratique, des essais sur modèle et sur la littérature existante.

L'article traite des processus dans les places de dépôt (sédimentation et chasse) et présente des possibilités de les influencer par des constructions tenant compte d'une chasse naturelle (purge). Outre l'eau et les sédiments, le bois d'embacle, troisième élément des torrents, y est traité. Il est responsable pour les obstructions des ouvrages de retenue et empêche une chasse par des retenues d'eau inattendues. Ce travail apporte des explications concernant la forme et le volume des places de dépôt de sédiments, les fonctions et les constructions des barrages de retenue et des ouvrages de tête. En addition il essaye de présenter les places de dépôt dans le cadre général des corrections de torrents.

Die anspruchsvolleren Bauwerke ermöglichen dem Wildbach zusätzlich bei kleinem Hoch- und Mittelwasser die teilweise Ausspülung des abgelagerten Geschiebes. Von dieser Möglichkeit soll dann Gebrauch gemacht werden, wenn sowohl das anschliessende Unterlaufgerinne als auch der Vorfluter in der Lage sind, die entsprechenden Geschiebefrachten weiterzutransportieren. In einem vollständig durchkonstruierten Geschiebeablagerungsplatz unterscheidet man die in Abb. 1 dargestellten Teile. Je nach Gelände- und anderen Verhältnissen können einzelne Bauelemente fehlen. Seitliche Begrenzungen und ein mindestens rudimentäres Rückhaltebauwerk sind praktisch immer vorhanden.

In diesem Zusammenhang sei erwähnt, dass man den einfachsten aller Ablagerungsplätze in der unverbauten Natur begegnet. Sie entstehen in jedem Fließgewässer mit Geschiebetrieb, wenn entweder ein Gefällebruch oder/und eine Erweiterung des Bachbettes vorhanden ist. Jede sogenannte Umlagerungsstrecke eines mehr oder weniger ungestörten Baches oder Flusses stellt einen natürlichen Geschiebeablagerungsplatz dar. Oft werden allerdings an solchen Stellen weniger die

1. Einleitung

Das Geschiebe spielt bei den Vorgängen in Wildbächen eine zentrale, meistens sogar *die* zentrale Rolle. Aber auch in Fließgewässern der Talgebiete – seien es nun kleine Rinnsale oder grosse Flüsse – hat man nicht selten mit den Produkten der Erosion zu kämpfen. Die Geschiebeablagerungsplätze, wie sie im folgenden beschrieben werden, stellen eine oft sehr wirksame, aber nicht unproblematische Baumassnahme gegen unkontrollierte und damit den Menschen und seine Kulturen und Güter bedrohende Geschiebeablagerung dar. Viele der nachfolgenden Ausführungen gelten nicht nur für Wildbäche, sondern auch für kleinere und grössere Fließgewässer mit weniger sprunghaften Abflussganglinien von Wasser und Geschiebe.

Unter einem Geschiebeablagerungsplatz wird in der vorliegenden Arbeit ein relativ kleines Becken verstanden (Oberfläche weniger als 10 000 m²), das nicht dauernd eingestaut ist und einer zeitweisen oder definitiven Ablagerung von Wildbachgeschiebe dient. Jeder Ablagerungsplatz soll bei Hochwasser die Geschiebespitzen brechen.

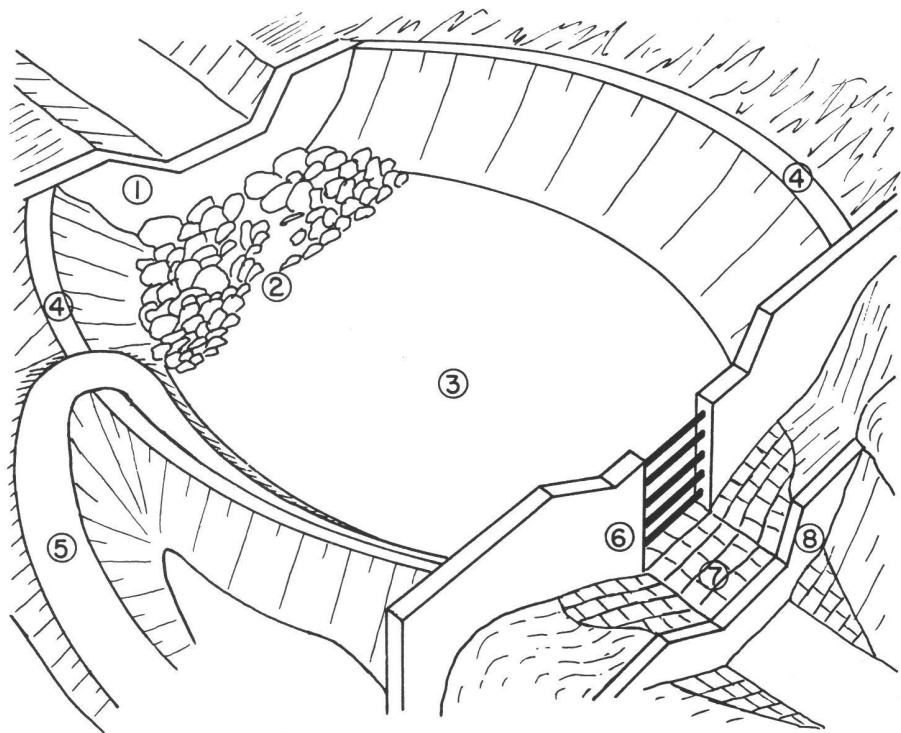


Abb. 1 Die verschiedenen Teile eines Ablagerungsplatzes: 1 Einlaufbauwerk, 2 Kolkssicherung, 3 Ablagerungsplatz, 4 Umfassungsdämme, 5 Zufahrt, 6 Rückhaltesperre, 7 Kolksschutz, 8 Gegensperre

Geschiebespitzen als vielmehr die Gesamtfrachten reduziert. Wegen fehlendem Rückhaltebauwerk kann die Wirkung zeitweise sogar kontraproduktiv sein. Dabei wird die Geschiebespitze bei ausgeprägter Erosion im «Ablagerungsplatz» während des Hochwassers vergrößert statt verkleinert.

Der vorliegende Beitrag ist eine zusammenfassende Darstellung der Forschungsarbeit des Autors «Die Vorgänge in einem Geschiebeablagerungsplatz – ihre Morphologie und die Möglichkeiten einer Steuerung». Diese wissenschaftliche Studie konnte am Institut für Kulturtechnik (Prof. H. Grubinger) und an der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie (Prof. D. Vischer) der ETH in Zürich ausgeführt werden. Sie beruht auf:

- der Besichtigung von über 150 in der Schweiz, in Österreich und in Italien ausgeführten Ablagerungsplätzen,
- 630 Modellversuchen im Wasserbaulabor der ETH,
- der Erfassung älterer und neuerer Literatur zum Thema.

2. Die umfassende Wildbachverbauung als übergeordneter Rahmen

Die Abb. 2 zeigt eine schematische Gliederung der Massnahmen in der Wildbachverbauung. Eine erste Unterteilung unterscheidet zwischen dem passiven und dem aktiven Schutz. Mit den passiven Schutzmassnahmen weicht man den Gefahren des Wildbaches aus, mit den aktiven hingegen begegnet man ihnen mit Verbauungen. Die folgende Zusammenstellung gibt einige konkrete Beispiele zu dieser theoretischen Gliederung:

Planerische Massnahmen:

- Gefahrenzonenpläne
- Nutzungspläne

Organisatorische Massnahmen:

- Alarmsysteme
- Evakuationspläne

Bekämpfung der Ursachen:

- Aufforstungen
- Erosionsschutz

Bekämpfung der Symptome:

- Schussrinnen
- Geschiebeablagerungsplätze

Im Rahmen der übergeordneten Wildbachverbauung sollten die Geschiebeablagerungsplätze als Massnahmen der Symptombekämpfung nur dann zur Anwendung kommen, wenn die Möglichkeiten des passiven Schutzes ausgeschöpft und die Ursachenbekämpfung nicht zum erwünschten Ziel führt. Nicht selten wird allerdings ein Ablagerungsplatz als primäre, unter Umständen vorübergehende Schutzvorkehrung sinnvoll und notwendig, wenn er die Unterlieger oder Bewohner auf dem

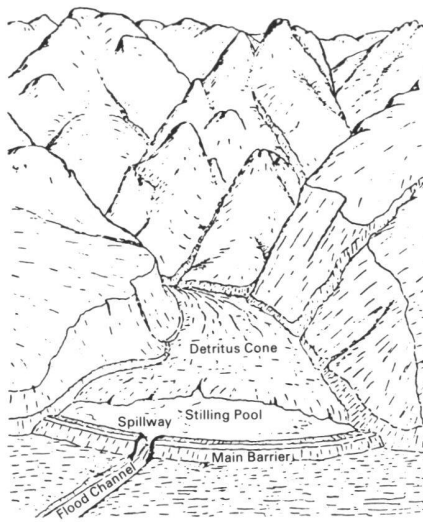


Abb. 2 Das Prinzip des Geschiebeablagerungsplatzes, dargestellt von Winsor 1938 als «Barrier System of Flood Control».

Schwemmkegel so lange schützen soll, bis andere Massnahmen weiter oben im Einzugsgebiet oder solche des passiven Schutzes wirksam werden.

Der Wildbachverbauer sollte sich immer bewusst sein, dass Geschiebeablagerungsplätze an der übergeordneten Gefahrensituation nichts ändern. Vielmehr konzentrieren sie vorhandene Naturgewalten lokal, so dass mit ihnen eine potentielle, neue Gefahr entsteht. Diese Erkenntnis sollte zu seriösen Vorabklärungen und Planungen sowie zu besten fachkundigen Bauten führen. Nach Weber (1967) stammt der älteste bekannte Geschiebeablagerungsplatz aus der Zeit um 1500. Vor allem im letzten Jahrhundert begannen dann die Wildbachingenieure mit den Grundrissformen zu experimentieren. Viele noch

erhaltene Beispiele dazu stammen aus der Schweiz. In neuerer Zeit konzentrieren sich die Experimente vor allem auf die Öffnungsformen der Rückhaltebauwerke. Dabei kommen vornehmlich von Österreich mit seiner gut organisierten Wildbachverbauung immer neue und interessante Impulse. Weniger aktiv ist man in dieser Beziehung in den anderen Alpenländern, und in der englischsprachigen Literatur sucht man praktisch vergeblich nach Beiträgen zu diesem Thema. Der kleinere Bevölkerungsdruck in erosionsgefährdeten Gebieten mag der Grund dazu sein. Trotzdem ist die Idee der kontrollierten Geschiebeablagerung auch in Amerika schon länger bekannt, wie die Abbildung 3 aus dem Jahre 1938 zeigt.



Abb. 3 Schematische Gliederung der Massnahmen in der Wildbachverbauung.

3. Die Vorgänge in einem Geschiebeablagerungsplatz

3.1 Wasser, Geschiebe und Holz

Die Bezeichnung des Geschiebeablagerungsplatzes besagt, worum es bei dieser Kombination von Bauwerken geht. Praktisch hingegen spielen neben dem Geschiebe zwei weitere Elemente eine absolut zentrale Rolle, nämlich sein Transportmedium, das Wasser, und die beinahe immer sehr unerwünschten organischen Frachten, das Treibholz.



Abb. 4 Das Treibholz verstopft die Sperrenöffnungen und führt zu unerwünschtem und nicht vorhersehbarem Rückstau.

Die Wasser- und Geschiebevorgänge sind mit den heutigen Methoden rechnerisch und/oder modelltechnisch recht gut zu erfassen. Im Gegensatz dazu ist das Treibholz in mancherlei Hinsicht unberechenbar. Bei seiner Anwesenheit – kaum ein Wildbachabfluss spielt sich ohne Treibholz ab – entstehen durch Verklausung der Öffnungen des Rückhaltebauwerkes unkontrollierbare Rückstauverhältnisse. Zudem sind spätere selbsttätige Spülungen praktisch immer ausgeschlossen, ohne dass die Hauptsperre zuerst mit meistens sehr grossem Aufwand von den Verstopfungen befreit worden ist.

Manch ein Ablagerungsplatz würde seine Aufgabe tadellos erfüllen, wenn kein Treibholz im Spiel wäre. Von den drei Elementen jedes Wildbaches ist das Holz am unangenehmsten und mit baulichen Massnahmen am schwierigsten unter Kontrolle zu bringen.

3.2 Die Ablagerungen

Hin und wieder stösst man auf die Annahme, die Hauptursache für die Geschiebedeponien in einem Ablagerungsplatz sei die direkte Einwirkung des Rückhaltebauwerkes. Dies ist nicht der Fall. Zwei andere Gründe für die Geschiebeablagerungen sind normalerweise weit wichtiger. Gesamthaft sind vier Ursachen für die Ablagerungen zu erwähnen:

1. Erweiterung des Fliessquerschnittes beim Übergang vom Bachbett ins Becken (mit der Verminderung der Wassertiefe wird die Schleppkraft verkleinert).
2. Reduktion des Längsgefälles (mit der Verminderung der Fliessgeschwindigkeit sinkt wiederum die Schleppkraft).
3. Wasserstau im Becken (Reduktion der Fliessgeschwindigkeit. Indirekte Wirkung der Sperre).

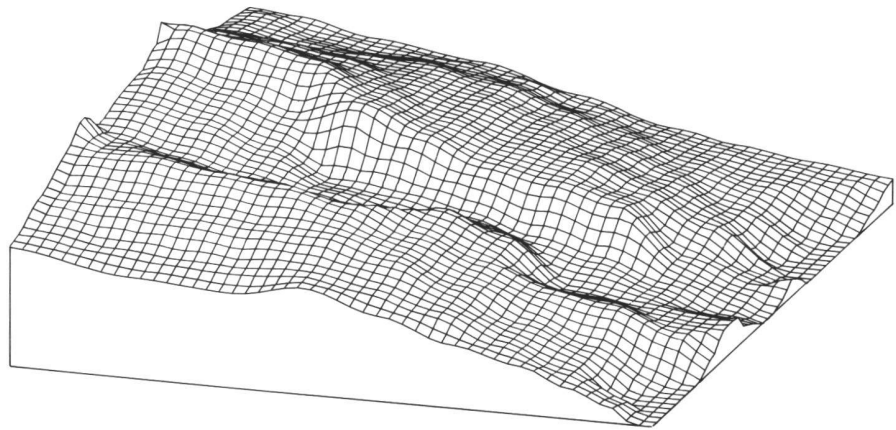


Abb. 5 Die Modellversuche wurden vom Autor photogrammetrisch ausgewertet und zum Teil als digitale Geländemodelle dargestellt. Im Bild ist das Endstadium eines Versuches zu sehen. Der Schwemmkegel hat die vordere Begrenzung des rechteckigen Ablagerungsplatzes (rechts) erreicht und wurde in der letzten Phase zum Teil erodiert, so dass sich über seine ganze Länge eine Spülrinne bildete.

4. Direkter Rückhalt an der Sperre, wenn die Ablagerungen bis dorthin vorgedrungen sind (einziger Ablagerungsgrund, der direkt vom Rückhaltebauwerk ausgeht).

Je nach Wasserstauverhältnissen im Becken vollziehen sich die Ablagerungen wie bei der Bildung eines Schwemmkegels oder eines Deltas. Ohne Absturz oder Gefälleerhöhung über kurze Distanz beim Einlaufbauwerk wachsen die Ablagerungen unter Umständen relativ rasch ins Zulaufgerinne. Die Gefahr eines Bachausbruches besteht in diesem Fall. Bei vorhandenem Absturz im Einlauf kann man drei Bildungsphasen für die Ablagerungen unterscheiden:

Phase 1: Auflandung bis auf die Höhe des Einlaufes.
Phase 2: Verflachung des Längengefälles des Schwemmkegels bis zum natürlichen Verlandungsgefälle des Geschiebes.

Phase 3: Wachstum des Schwemmkegels einerseits nach vorne gegen die Rückhaltesperre und andererseits nach hinten ins Zulaufgerinne des Baches.

Während dieser drei Phasen wächst der Schwemmkegel auch relativ zu seiner Breite immer mehr in die Länge. Eine ausgeprägte Sortierung des Geschiebes (Ablagerung des größeren Geschiebes eher oben, des feineren eher unten) scheint nur in sehr langen Becken einzutreten. Schwemmkegel weisen ein konvexes Längenprofil auf, im Gegensatz zu den Sturzkegeln, bei denen auch eine umgekehrte Sortierung eintritt, wie man bei Bergstürzen und Felslawinen sehen kann.

Die freie Ausdehnung der Ablagerungen kann behindert werden durch:

- Wasserstau im Becken
- Umfassungsdämme
- Rückhaltesperre.

Dabei entstehen Mischformen zwischen Ablagerungen und Spülungen. Topographische Unregelmässigkeiten

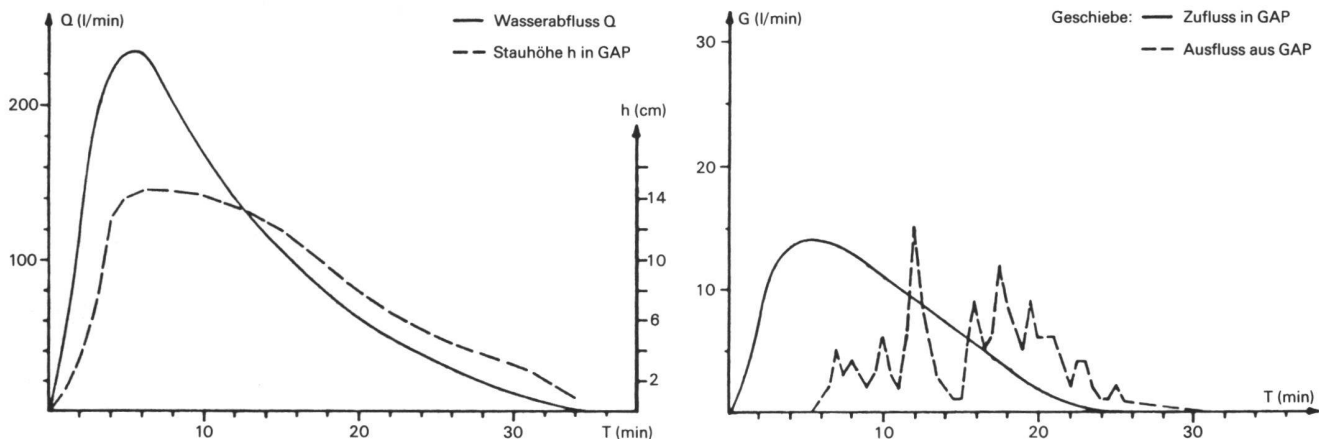


Abb. 6 Die Graphik rechts zeigt, wie die Ganglinie des aus dem Ablagerungsplatz (GAP) gespülten Geschiebes sehr stark schwankt und mit ihrer Spitze kurz sogar die Zuflussspitze überragt. Die vier Kurven stammen vom Modellversuch 289/290, bei welchem in ein quadratisches Becken (100 x 100 cm) 170 l Geschiebe beschickt und davon 100 l wieder ausgespült worden sind.

im Becken beeinflussen die Ablagerungen nur gering und überhaupt nicht mehr, wenn sie vollständig eingeschottert sind. – Alle geschilderten Beobachtungen wurden bei normalem, wenn auch sehr hohem Geschiebetrieb gemacht (bis über 40 Vol.% des Wasserabflusses). Eigentliche Murgänge konnten jedoch nicht berücksichtigt werden.

3.3 Die Spülungen

In der Natur kann man bei den Vorgängen in einem Ablagerungsplatz kaum je klar unterscheiden zwischen Ablagerung und Spülung, da oft beide gleichzeitig stattfinden. Bei den reinen Spülungen kann man solche mit, ohne und bei sinkendem Wasserstau unterscheiden. Die letzten sind die wirkungsvollsten und gliedern sich in zwei Phasen:

Phase 1: Rückschreitende Tiefenerosion

Phase 2: Seitenerosion

Je bindiger das Material, desto mehr wird die zweite Phase behindert oder bleibt sogar ganz aus. Eine Spülung ohne Wasserstau findet nur dann statt, wenn sich die Wasserabflussmenge relativ zur Geschiebemenge vergrößert und damit ihre Schleppkraft zunimmt. Eine Spülung unter Druck (d.h. mit Wasserstau) ist nicht wirkungsvoll und findet in einem Geschiebeablageungsplatz kaum je statt. Dabei entsteht eine um die Ausflussöffnung konzentrierte, arenaförmige Ausspülung.

Topographisch typische Spülformen sind senkrechte Uferpartien und mehrstufige Terrassen mit ebenso steilen Abbrüchen. Bei den Spülungen können sehr hohe Geschiebekonzentrationen entstehen, und die Ganglinie kann auch bei konstantem Abfluss extrem stark schwanken, wie die Abbildung 6 zeigt.

Man kann zwei Typen von Ablagerungsplätzen unterscheiden, nämlich solche

- mit endgültiger Ablagerung des Geschiebes,
- mit zeitweiser, möglichst vorübergehender Ablagerung.

Der erste Typ ist in Konstruktion (geschlossene Rückhaltesperre) und Bewirtschaftung anspruchslos, muss aber maschinell geleert werden, soll er seine Funktion dauernd erfüllen. Beim zweiten Typ ist eine möglichst wirkungsvolle selbsttätige Entleerung erwünscht, das heisst, dass der Bach bei nicht extremem Hochwasser und bei Mittelwasser das deponierte Geschiebe teilweise wieder selber dem Vorfluter zuführen kann. Falls dieser dabei nicht überfordert wird, erzielt man drei Vorteile:

- Die Kosten für maschinelle Entleerungen werden vermindert.
- Erosionen im Unterlauf werden verkleinert oder ganz vermieden (Eintiefungen des Baches nach Entzug des Geschiebes).
- Man erzielt eine natürlichere Geschiebebewirtschaftung.

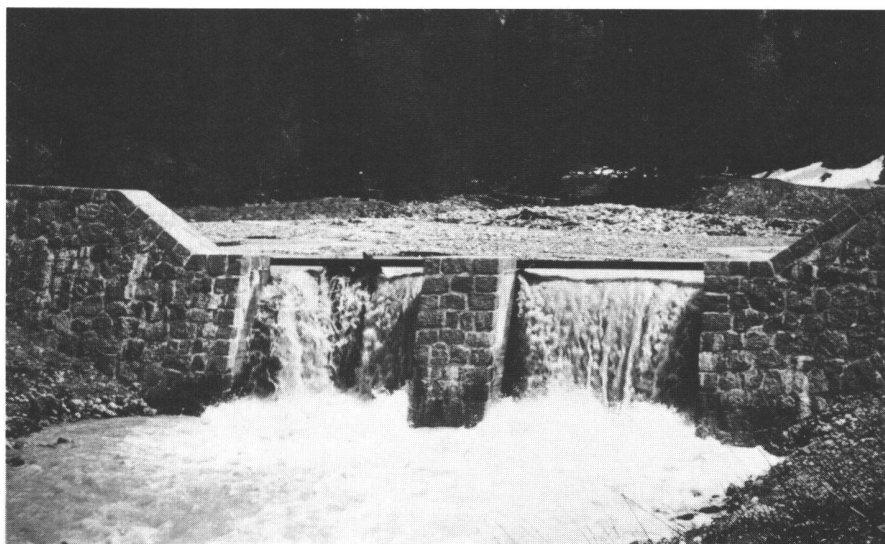
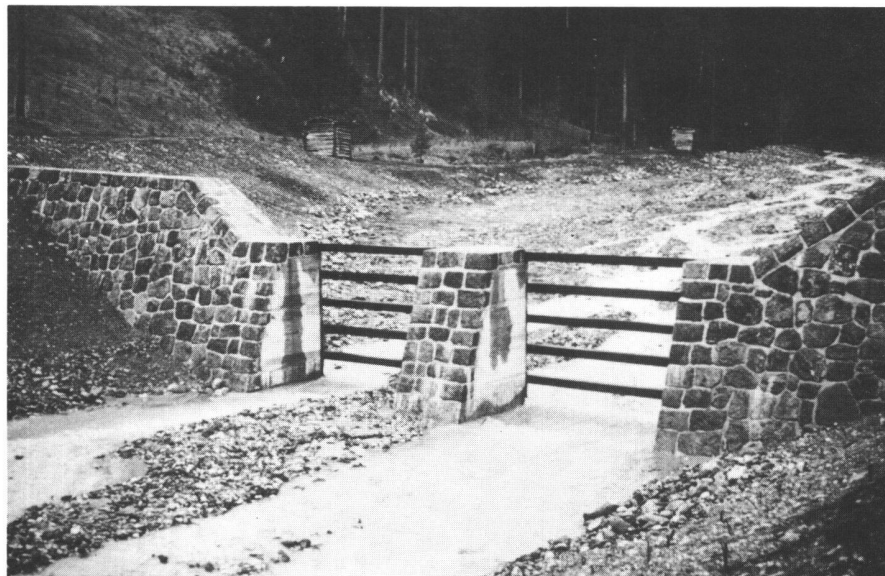


Abb. 7 Geschiebeablageungsplatz Spielbergbach (Fieberbrunn, Kitzbühel, Österreich). Im obersten Bild sieht man das Becken nach seiner Fertigstellung 1972 (Sperrenhöhe 3,2 m), im mittleren Bild den mit 20 000 m³ gefüllten Ablagerungsplatz im Juni 1975 (Einzugsgebiet 6,9 km², ca. 20- bis 30jähriges Ereignis), und im untersten Bild das Becken nach seiner selbsttätigen Entleerung von ca. 13 000 m³ innerhalb von vier Wochen nach Beseitigung der Verklausungen an der Rückhaltesperre. (Fotos E. Hanausek, Innsbruck.)

Selbsttätige Spülungen sind nicht selten schöne Wünsche, welche nur zu einem kleinen Prozentsatz in Erfüllung gehen. Oft muss man zufrieden sein, wenn 10–30% des abgelagerten Geschiebes gespült wird. Einzelne Beispiele belegen aber, dass auch Spüleffekte von über 60% nicht nur im Modellversuch, sondern auch in der Natur möglich sind (Abb. 7).

Die selbsttätigen Entleerungen werden begünstigt durch folgende Faktoren:

- viel inhomogenes Kleingeschiebe ohne bindiges Material,
- grosse, geschiebearme Abflüsse,
- kleine, schmale Becken mit grossem Längengefälle,
- einen Wasserstau, welcher der Spülung vorausgegangen ist,
- wenig Treibholz oder Beseitigung der entstandenen Verklausungen,
- gezielte Baggerungen im Becken (Entfernung der stabilen, die Erosion behindernde Deckschicht im Bachbett.)



Abb. 8 Einlauf in den Ablagerungsplatz des Eistlenbaches bei Hofstetten (BE) 1981: Durch Seitenerosion sind Einlauf, Bachufer und Umfassungsdämme schwer beschädigt worden. Ursache: Mangelnder Erosionsschutz. Blickrichtung vom rechten Bachufer ins Becken hinunter.

4. Konstruktive Folgerungen

Die wichtigsten konstruktiven Elemente jedes Ablagerungsplatzes sind das Einlaufbauwerk, die Rückhaltesperre und die beide verbindenden Umfassungsdämme. Daneben wird in diesem abschliessenden Hauptabschnitt kurz auf die immer zentrale Frage des Beckenvolumens und auf den Beckengrundriss eingegangen.

4.1 Einlaufbauwerk

Auch wenn ein eigentliches Einlaufbauwerk in vielen Ablagerungsplätzen fehlt und fehlen darf, so sollte seine Bedeutung nicht unterschätzt werden, wie die Abbildung 8 zeigt. Solche Schäden können mit einem sauberen Einlauf vermieden werden. Das Bauwerk gewährleistet und verbessert den Einlauf ins Becken und damit seine optimale Wirkung.

Ganz grundsätzlich empfiehlt sich der Einbau einer Sperre am Kopf des Ablagerungsbeckens als Sohlfixierung. Mit einem Absturz oder einer kurzen, extremen Gefälleerhöhung erreicht man eine klare Trennung zwischen Bachstrecke und Ablagerungsplatz und vermindert die Gefahr, dass die Ablagerungen ins Bachbett zurückwachsen und damit einen Ausbruch des Baches oberhalb des Beckens begünstigen. Je nach Ausbildung des Bauwerkes ist ein Kolksschutz vorzusehen. Besondere Aufmerksamkeit verdient der Übergang zwischen Einlaufsperre und Umfassungsdämmen. Ohne Sicherungen gegen seitliche Erosion ist der Einlauf und mit ihm der obere Teil der Dämme gefährdet (siehe Abb. 8), womit im Extremfall wiederum ein Bachausbruch im Bereich des Möglichen liegt.

4.2 Umfassungsdämme

Die seitlichen Begrenzungen eines Geschiebeablagungsplatzes können natürlich entstanden sein (alte Ufer, Ablagerungen, Felspartien) oder aus künstlichen Dämmen bestehen. Wie die Modellversuche und praktische Erfahrungen belegen, können diese Dämme lokal stark beansprucht werden durch den sogenannten Coanda-Effekt (die Strömung mitten durch ein symmetrisches Becken ist instabil) und die Ausbildung von Mäandern und asymmetrische Spülphasen. Die Dämme sollten darum bis auf die Höhe des Maximalstaus gegen Erosion gesichert sein. Dazu genügt Grünverbau normalerweise nicht. Ein fachgerechter Blockwurf mit Steinen des grössten Korndurchmessers des Geschiebes wird empfohlen. Eine Dimensionierung der wasserseitigen Böschungen gegen Grundbruch drängt sich unter Umständen dann auf, wenn nach längerem Wasserstau die Gefahr besteht, dass dieser sehr schnell zurückgeht. Selbstverständlich sollen die Dämme so hoch sein, dass sie auch in ungünstigen Situationen nicht überströmt werden, da sie luftseitig kaum je erosionsgeschützt sind. Die Zufahrtstrasse muss so angelegt sein, dass ein Ausfliessen des Beckeninhaltes über diese nicht möglich ist. Prinzipiell ist darum die Einfahrt nach oben und nicht nach unten vorzusehen.

4.3 Volumen des Beckens

Die Frage nach dem notwendigen Volumen eines Ablagerungsplatzes kann nicht einfach beantwortet werden.

Die Abklärungen sind oft sehr schwierig und mit grossem Aufwand verbunden. Im Rahmen dieses beschränkten Aufsatzes können nur wenige stichwortartige Hinweise gegeben werden. Für nähere Informationen sei auf die Originalpublikation (Zollinger 1983) und eine neuere, unter anderem diesem Problemkreis gewidmete Veröffentlichung verwiesen (Zollinger 1986).

Grundsätzlich gibt es fünf Möglichkeiten zur Abschätzung der zu erwartenden Geschiebefracht:

Denudation: Mit den Abtragsraten unserer Gebirge kann man jährliche Geschiebefrachten rechnen. Meistens bringen solche Schätzungen wenig, da lokale Extreme nicht erfasst werden können.

Schwemmkegel: Bei bekanntem Alter des Schwemmkegels lassen sich die früheren Ereignisse summarisch und ohne vom Vorfluter abtransportierte Mengen berechnen.

Stattgefundenere Ereignisse: Mindestens vom letzten Wildbachereignis bestehen normalerweise Schätzungen oder gar Messungen der abgelagerten Kubaturen, da es meistens die Ursache für eine Verbauung ist. Stützt man sich auf diese Zahlen, liegt man oft auf der sicheren Seite.

Beurteilung des Einzugsgebietes: Die mit Abstand besten Ergebnisse erzielt der Spezialist durch eine detaillierte Begehung des Einzugsgebietes mit einer quantitativen und qualitativen Beurteilung aller potentiellen Geschiebeherde.

Berechnungsformeln: Formeln sind mit Vorsicht zu gebrauchen, auch wenn sie aus verständlichen Gründen begehrt sind. Zur Schätzung der Geschiebefracht gibt es keine zuverlässigen Formeln. Trotzdem darf man in diesem Zusammenhang die Berechnungen von Hoffmann (1976), Kronfellnerkraus (1982), Schoklitsch (Schaffernak 1950) und jene über den Geschiebebetrieb (Smart und Jäggi 1984) erwähnen. Alle diese Formeln sind bei Zollinger (1983) für die Anwendung kurz beschrieben. Sie sollten nie nur einzeln ohne Kontrolle verwendet werden.

Allgemeine Angaben über spezifische Geschiebefrachten sind nicht sinnvoll, weil sie lokal extrem variieren können. Harmlosere Wildbäche bringen bei Hochwasser weniger als $100 \text{ m}^3/\text{km}^2$ Material. Demgegenüber sei der Durnagelbach mit seinem Ereignis von 1944 erwähnt, als aus einem Einzugsgebiet von 19 km^2 $450\,000 \text{ m}^3$, das sind $23\,000 \text{ m}^3/\text{km}^2$, Geschiebe abtransportiert worden sind.

Bei der Berechnung des Projektierungsvolumens hat man ein Verlandungsfälle der Ablagerungen anzunehmen. Dies kann geschehen durch Kopieren der natürlichen Verhältnisse oder durch Berechnungen nach Hampel (1974) oder Jäggi (1984).

Abschliessend muss erwähnt werden, dass die zu erwartende Geschiebefracht nicht mit dem Beckenvolumen identisch sein muss. Letzteres kann unter Umständen bedeutend kleiner sein und hängt oft wesentlich von unbedingt zu berücksichtigenden «Randbedingungen» ab: Länge, Form und Gefälleverhältnisse im Becken, Konstruktion des Rückhaltebauwerkes, Zusammensetzung (Wasser, Geschiebe, Holz) des Hochwassers, Kornverteilung des Geschiebes.

4.4 Grundriss des Beckens

Will man ein gegebenes Volumen optimal ausnützen, so empfehlen sich lange, schmale Grundrisse, da bei den Ablagerungen jeweils der Mittelteil eines Schwemmkegels nachgebildet wird. Trotzdem bewähren sich weder extrem lange noch extrem breite Grundrisse. Eckige Formen sind zu vermeiden, da Ecken nicht strömungsangepasst sind. Allgemein ist eine Dimensionierung entweder auf optimale Ablagerungen oder aber auf wirkungsvolle Spülungen relativ einfach und realistisch. Beide Ziele gleichzeitig zu erreichen, ist hingegen nicht einfach. Im Hinblick auf die dreifache Zielsetzung

- effektvolle Ablagerungen
- wirkungsvolle selbsttätige Entleerungen
- optimale Nutzung des Beckenvolumens

bewährt sich am besten die Grundrissform einer Birne mit Stiel bachaufwärts. Als zweitbeste Grundrissform darf die Birne mit Stiel bachabwärts angesehen werden.

4.5 Rückhaltebauwerk

Wiederum können im Rahmen dieses Beitrages nur zusammenfassende Ausführungen gemacht werden. Für erweiterte Angaben sei auf die Originalpublikation und den Artikel «Die verschiedenen Funktionen von Geschieberückhaltebauwerken» (Zollinger 1984) verwiesen.

Im folgenden wird davon ausgegangen, dass eine selbsttätige Spülung des Ablagerungsplatzes erwünscht ist. Darum stehen nur offene Rückhaltesperren zur Auswahl. Dabei kann man unter dem Gesichtspunkt der Konstruktion zwischen Schlitz- und Gittersperren im weiteren Sinn unterscheiden.

Schlitzsperren i.w.S.:

- Schlitzsperren
- Balkensperren (Balken horizontal)
- Rechensperren (Balken geneigt oder vertikal)
- Leitersperren (geneigte «Leiter» bachaufwärts)
- Christbaumsperren (Schlitz Tannenbaumförmig)

Gittersperren i.w.S.:

- Gittersperren (vertikale und horizontale Balken)
- Gitterkastensperren
- Netzsperren.

In den vergangenen Jahren verbreitete sich wohl die Balkensperre in Europa am meisten. Dieser Sperrentyp bietet vom Durchlass her die grössten Variationsmöglichkeiten, falls

- der Balkenabstand auf einfache Art veränderbar ist,
- die Balken ausgewechselt werden können (im Idealfall auch einzeln und von der Luftseite her),
- sich die Balken auch bei Erschütterungen nicht lösen können.

Der Nachteil der Balkensperre liegt in der horizontalen Anordnung der Balken, welche bewirkt, dass relativ rasch nur noch mit grossem Aufwand lösbare Verklausungen entstehen, weil das Treibholz in den Schlitz getrieben wird und zwischen den Balken festklemmt, ohne sich nach unten oder oben lösen zu können.

Auf Grund dieser Erkenntnis wurde die Rechensperre mit schräg nach hinten in den Ablagerungsplatz geneigten Balken entwickelt. Bei diesem Bauwerk drehen sich die grösseren Hölzer quer zur Fliessrichtung und schwimmen oder rollen am Schrägrechen hinauf, so dass Wasser und Geschiebe weiterhin ungestört darunter hindurch fließen können. Praktische Beobachtungen zeigten zudem – im Gegensatz zu den Modellversuchen –, dass das aufgeschwemmte

Treibholz für Stunden oder gar Tage auf dem Schrägrechen bleibt, bevor es – lange nach dem Absinken des Wasserstaus – nach unten rutscht und den Geschiebefluss behindert.



Abb.9 Rückhaltebauwerk mit Schrägrechen in der Köttschache (Badgastein, Österreich). Das Treibholz hängt im Rechen, während das Wasser und Geschiebe noch unten durch fließen kann. (Foto W.Kettl, Salzburg.)

Die neueste Weiterentwicklung dieses Sperrentyps besteht darin, dass der Schrägrechen mehrfach geknickt wird, so dass die Neigung der Balken von unten nach oben zunimmt. Ganz unten und ganz oben kann der Rechen horizontal ausgebildet werden, so dass das Treibholz oben bei der Überfallsektion noch besser hängen bleibt, das Wasser und Geschiebe hingegen ganz unten ähnlich wie bei einem Tirolerwehr selbst nach dem Zurückrutschen des Holzes mit grosser Wahrscheinlichkeit noch zum Teil freien Durchfluss haben.

Die Durchflusswassermenge ist direkt abhängig von der Form und der Grösse der Auslässe in der Sperre. Extremwerte sollen durch Rückstau gebrochen werden, womit unter Umständen auch eine bessere Ausnützung des Beckenvolumens erfolgt. Für die Dimensionierung der Sperrenöffnungen sollte man wissen, wie hoch, wann und wie lange bei gegebener Abflussganglinie ein Stau sein darf oder soll. Mit diesen Grundlagen können die Öffnungen hydraulisch gerechnet werden. Sicherheitsüberlegungen und der Faktor Treibholz führen zu Korrekturen. Will man zusätzlich Korndurchmesser ab einer bestimmten Grösse zurückhalten, so hat man zu berücksichtigen, dass vertikale Öffnungen rascher verstopfen als horizontale. Grösstkorndurchmesser d_{max} werden gerade noch ungestört abtransportiert, wenn die Öffnungen mindestens $1,6 \cdot d_{\text{max}}$ breit und $1,2 \cdot d_{\text{max}}$ hoch sind (Zollinger 1983). Diese Angaben gelten allerdings für Abfluss ohne Treibholz.

Wie sieht es mit der Dosier- und Sortierwirkung von Rückhaltesperren aus? Die Dosierung im Becken kann entweder positiv oder negativ sein. Bei der positiven Dosierung wird mehr Material ins Becken gebracht als abtransportiert

(erwünscht während eines Extremereignisses). Bei der negativen Dosierung ist die Bilanz im Becken hingegen negativ (erwünscht bei Spülungen). Dosierungen treten praktisch immer gewollt oder ungewollt auf. Anders sieht es bei den Sortierungen aus. Sie funktionieren meistens nur sehr rudimentär und praktisch nie durch direkten Einfluss der Sperrenöffnungen. Man muss zwei Fälle unterscheiden:

- Alles Geschiebe erreicht die Sperre: Selbst bei idealen Öffnungen (siehe oben) geschieht nur eine schlechte Sortierung – wenn überhaupt –, da hinter dem abgelagerten Grobgeschiebe sofort auch alles feinere liegenbleibt.
- Nicht alles Geschiebe erreicht die Sperre: Dabei kann beim Transport durch den Ablagerungsplatz (nicht an der Sperre) eine Sortierung stattfinden, so dass nur das feinere Material abgeführt wird.

Man müsste annehmen, dass sich für wirkungsvolle Spülungen (Tiefenerosion) vor allem vertikale Öffnungen (Schlitze) eignen. Praktische Erfahrungen zeigten jedoch, dass sich Balkensperren trotz ihrer horizontalen Störelemente bei nur kleinen Verklausungen gut selbsttätig entleeren können, falls die Balkenstärke 20–30 cm nicht überschreitet.

Abflusssektionen und Sperrenöffnungen sind grössten Abriebbeanspruchungen ausgesetzt und darum nach neuesten Erkenntnissen extrem zu verstärken. Die Sperrenflügel und ihre Übergänge zu den Umfassungsdämmen sind gegen Erosion zu schützen. Der Kolkssicherung des Rückhaltebauwerkes ist besondere Beachtung zu schenken.

5. Der Geschiebeablagerungsplatz als Teilmassnahme

Abschliessend soll nochmals betont und etwas ausgeführt werden, wie wichtig es ist, einen Geschiebeablagerungsplatz nicht als punktuelle Einzelbaumassnahme zu betrachten, sondern ihn mit all seinen Auswirkungen in den übergeordneten Rahmen der integralen Wildbachverbauung zu stellen. Dieser Grundsatz gilt übrigens nicht nur für Ablagerungsplätze, sondern für alle Massnahmen in der Wildbachverbauung, wie das schon früher gezeigt worden ist (Zollinger 1980).

Wie schon erwähnt, ändern Ablagerungsplätze selbstverständlich an der Gefahrensituation weiter oben nichts. Diese Erkenntnis ist recht trivial, von Fall zu Fall aber nicht unbedeutend, wenn es darum geht, einen bereits vorhandenen Gefahrenzonenplan der neuen Situation nach dem Bau des Ablagerungsplatzes anzupassen. Natürlich wird man dann die rote Bauverbotszone verkleinern können, doch in welchem Umfang dies möglich ist, oder ob sie sogar ganz weggelassen werden darf, kann nur der verantwortungsvolle Ingenieur entscheiden, der die übergeordnete Gesamtsituation im Blick- und Entscheidungsfeld hat.

Abgesehen von den Restrisiken, welche jeder noch so fachgemäss gebaute Ablagerungsplatz mit sich bringt, muss noch auf das Ausfluss- und Unterlaufgerinne hingewiesen werden. Hier fliesst das Wasser mindestens zu einem Teil entlastet vom Geschiebe. Seine natürliche Transportkapazität ist darum nicht ausgenutzt, und es versucht, sich wieder Geschiebe zu verschaffen. Tiefen- und Seitenerosion sind die unvermeidlichen Folgen. Das Gerinne muss

darum zwingend in Höhe und Lage fixiert werden (Abtreppung, Abpflasterung). Eine andere Gefahr besteht darin, dass dieses Gerinne oder der anschliessende Vorfluter bei starken Geschiebestössen überfordert werden. Dann besteht die unerwünschte Möglichkeit eines Bachausbruches unterhalb des Geschiebeablagerungsplatzes.

Aus dem Gesagten und weiteren Überlegungen ergibt sich, dass die Annahme nicht richtig ist, nach dem Bau eines Ablagerungsplatzes sei das Geschiebeproblem an diesem Ort und für alle Unterlieger ein für allemal gelöst. Abgesehen von den Leerungen ist ein gut organisierter Unterhalt mit regelmässigen Kontrollen und solchen nach besonderen Ereignissen absolut zwingend. Wenn sie fehlen, kann man möglicherweise eines Tages erleben, dass man mit dem Geschiebeablagerungsplatz eine grössere Gefahr geschaffen hat, als wenn man ihn nicht gebaut hätte!

Literatur

Hampel R.: Die Wirkungsweise von Wildbachsperren. Wildbach- und Lawinverbauung, Heft 1/1974, pp. 2–79.

Hoffmann L.: Die Hochwasserdurchflussmenge bei Balkensperren. Wildbach- und Lawinverbauung, Heft 1/1976, pp. 59–63.

Jäggi M.: Bestimmung der Feststofftransportkapazität in Steilgerinnen. Interpraevent 1984, Band I, pp. 113–121.

Kronfellner-Kraus G.: Über den Geschiebe- und Feststofftransport in Wildbächen. Österreichische Wasserwirtschaft, Heft 1/2 1982, pp. 12–21.

Schaffernak F.: Flussmorphologie und Flussbau. Springer Verlag, Wien 1950, 115 p.

Weber A.: Die Zwischenakkumulation von Wildbachgeschiebe in Ablagerungsplätzen. Centralblatt für das gesamte Forstwesen, Wien 1967, pp. 383–399.

Zollinger F.: Die Vorgänge in einem Geschiebeablagerungsplatz. Diss. ETH Nr. 7419, 1983, 265 p. Der Artikel gibt eine Zusammenfassung dieser Arbeit.

Zollinger F.: Integrale und interdisziplinäre Wildbachverbauung. Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik, Heft 3/1980, pp. 130–134.

Zollinger F.: Die verschiedenen Funktionen von Geschieberückhaltebauwerken. Interpraevent 1984, pp. 147–160.

Zollinger F.: Form und Volumen von Geschiebeablagerungsplätzen. Wasser, Energie, Luft. Im Druck (1986).

Adresse des Verfassers:
Fritz Zollinger, dipl. Kulturing. ETH,
Dr. sc. techn.
Meliorations- und Vermessungsamt des
Kantons Zürich
Kaspar Escher-Haus, CH-8090 Zürich



Abb. 10 Ablagerungsplatz des Fallbaches bei Blumenstein/BE. Im Vordergrund der Einlauf, in der rechten hinteren Bildmitte die Rückhaltesperre.