

# Hydraulische Gestaltung von Hochwasserentlastungsgerinnen

Autor(en): **Schaad, Felix**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **98 (1980)**

Heft 35

PDF erstellt am: **26.04.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-74170>

## **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.

# Hydraulische Gestaltung von Hochwasserentlastungsgerinnen

Von Felix Schaad, Zürich

Die Projektierung einer Hochwasserum- oder -ableitung ist sicher ein «kleineres» Problem, das sich dem heutigen Wasserbauer stellt. Im vorliegenden Artikel will man zeigen, dass dennoch viele wichtige Kriterien bezüglich Hydraulik, Geschiebe, Geschwemmsel, Fische und Umweltschutz zu berücksichtigen sind, um ein wirklich ausgereiftes Projekt zu erarbeiten.

Selbstverständlich sind die sich stellenden Probleme von Anlage zu Anlage verschieden, so dass jedes Projekt als einzigartig angesehen werden muss. Die Lösungen können demzufolge nicht von der einen Situation auf eine andere übertragen werden. Es liegt somit in der Kunst des Ingenieurs, die beste und damit eine der Situation am ehesten gerechte Lösung zu suchen und zu verwirklichen.

Die Abflussverhältnisse vieler Gewässer werden durch den *Eingriff des Menschen* verändert. Ein solcher Eingriff ist zum Beispiel die intensive *landwirtschaftliche* oder *bauliche Nutzung der Überschwemmungsgebiete*, die früher eine Retentionswirkung auf die abfließenden Wassermassen hatten. *Strassenbauten* sowie *grossflächige Überbauungen mit höheren Abflusskoeffizienten* führen in gewissen Einzugsgebieten zu erheblich grösseren Hochwasserspitzen, so dass heute viele Gewässer im momentanen Ausbau die anfallenden Wassermengen nicht mehr ableiten können. Deshalb ist der *Schutz der menschlichen Güter* vor den ausufernden Wassermassen ein an Bedeutung zunehmendes Problem, das von der Öffentlichkeit gelöst werden muss.

Der Bau von *Rückhaltebecken*, der *Gerinneausbau* oder die *Gerinneverlegung* sind gebräuchliche Massnahmen, die Gefahren einzuschränken, die den Lebensraum des Menschen bedrohen. Die *Um- oder Ableitung von Hochwasserspitzen* ist eine weitere Möglichkeit diesen Gefahren zu begegnen und soll im vorliegenden Artikel behandelt werden. Darin werden zwei *Problemkreise* zur Sprache kommen:

- Möglichkeiten für die Um- oder Ableitung von Hochwasserspitzen,
- Eigenschaften von verschiedenen baulichen Lösungen.

## Varianten der Um- oder Ableitung von Hochwasserspitzen

Die Projekte von Hochwasserumleitungen lassen sich im wesentlichen in *zwei Untergruppen* aufteilen. Diese bestehen aus einer *örtlichen Umleitung der Hochwasserspitzen mit einer Rückgabe in das ursprüngliche Gerinne* oder aus einer *Ableitung dieser Spitzen in ein dem Ein-*

halb des Zusammenflusses beider Gewässer besser geschützt werden. Voraussetzung für die Durchführung dieser Variante ist, dass der Lauf zwischen dem Seeausfluss und dem Zusammenfluss der beiden Gewässer die dem See zusätzlich zugeführte Wassermenge ableiten kann.

- Die Variante 2A zeigt eine Ableitung der Hochwasserspitzen in ein *anderes Flusssystem*. Auch hier gilt wieder, dass das zusätzliche Wasser schadlos abfließen kann. Bei dieser Massnahme ist jedes überschwemmungsgefährdete Gebiet unterhalb der Entnahmestelle besser geschützt.
- Die Variante 2B zeigt das selbe Ableitungsprinzip, jedoch mit der *Wasser-rückgabe in einen See*, dessen Ausfluss eventuell regulierbar ist.

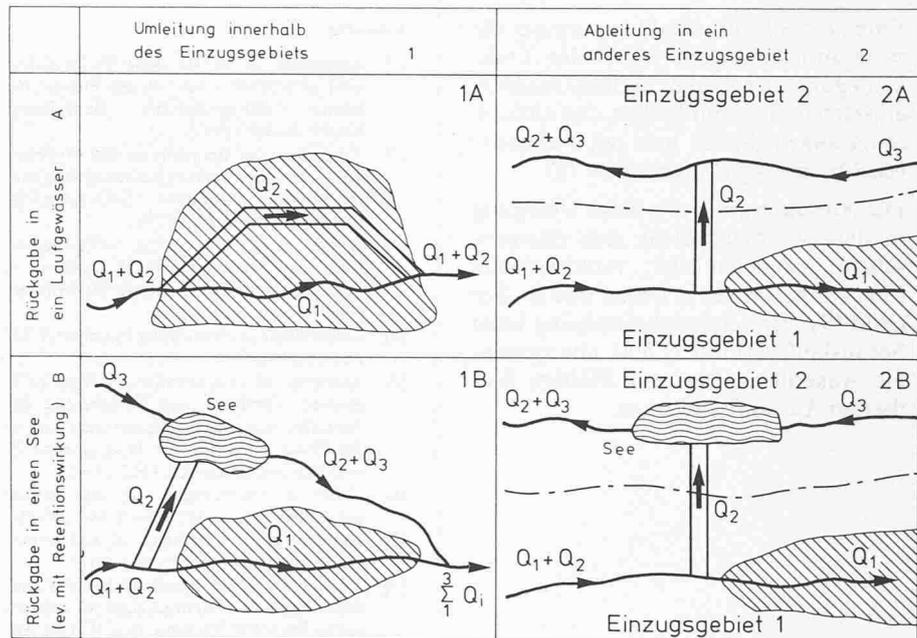


Bild 1. Möglichkeiten für die Ab- und Umleitung von Hochwasserspitzen

zugsgebiet fremdes Gewässer. Bild 1 zeigt vier Möglichkeiten solcher Projekte.

- In Variante 1A wird die *Abflusskapazität des Systems vergrössert*, indem parallel zum natürlichen Gewässer ein *künstliches Gerinne* erstellt wird, das die Spitze einer Hochwasserwelle abführt. Sobald das Schluckvermögen des ursprünglichen Laufs wieder ausreicht, kann der Abfluss wieder von diesem aufgenommen werden. Diese Variante ermöglicht nur den Schutz eines einzelnen Überschwemmungsgebietes, jedoch nicht der weiter unten liegenden Gebiete.
- Variante 1B zeigt die Möglichkeit einer Hochwasserumleitung in ein *Gewässer des selben Einzugsgebiets*, in diesem speziellen Fall in einen *natürlichen See*. Dabei kann eventuell die Hochwasserspitze durch das Retentionsverhalten etwas abgemindert werden, so dass auch Gebiete unter-

Natürlich sind auch verschiedene in Bild 1 nicht aufgeführte *Zwischenlösungen* möglich, wie das z. B. in Bild 2 gezeigt wird. Es handelt sich hier um den Hochwasserentlastungsstollen des Würzenbachs und der beiden Büthenbäche in Luzern. (vgl. den vorangehenden Artikel von *M. Desserich*). Dieser fasst gleichzeitig die Hochwasserspitzen dreier Bäche und leitet diese dem Vierwaldstättersee direkt zu (Projekt: Desserich und Funk, Luzern).

## Projektierungswassermengen einiger in der Schweiz geplanter oder gebauter Hochwasserumleitungen

In Tabelle 1 sind die Projektierungswassermengen einiger Hochwasserschutzprojekte in der Schweiz und die Jährlichkeiten ihrer Bemessungswassermengen zusammengestellt. Die Kolon-

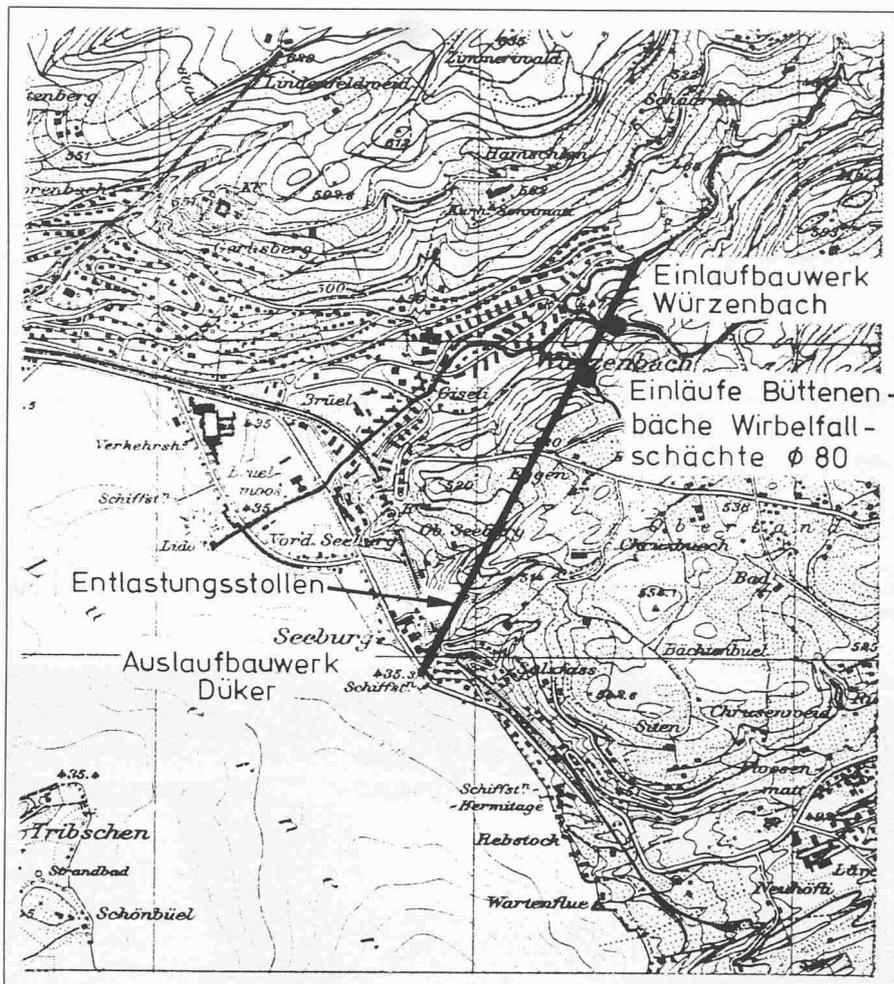


Bild 2. Situation der Hochwasserumleitung des Würzenbachs und der beiden Büttenebäche: Die Hochwasserspitzen des Würzenbachs werden in einen Stollen eingeleitet. Gleichzeitig können die Überschusswassermengen der beiden Büttenebäche über Wirbelfallschächte durch den Entlastungstollen abgeleitet werden

ne (1) zeigt deutlich, dass die meisten Schutzmassnahmen dieser Art auf ein im Mittel alle hundert Jahre wiederkehrendes Ereignis geplant werden. Die Zuflusswassermengen ( $Q_1 + Q_2$ ) zu den Verzweigungsbauwerken [s. Kolonne (2)] liegen zwischen  $25 \text{ m}^3/\text{s}$  und  $110 \text{ m}^3/\text{s}$ . Die umgeleiteten Wassermengen ( $Q_2$ ) [s. Kolonne (4)] sind grösser, als die im ursprünglichen Gerinne verbleibenden Abflüsse ( $Q_1$ ) [s. Kolonne (3)]. Ein Vergleich der Prozentangaben zeigt, dass die Restwassermengen ( $Q_1$ ) [s. Kolonne (5)] zwischen 7% und 32% des Zuflusses ( $Q_1 + Q_2$ ) liegen, so dass also zwischen 68% und 93% des zuströmenden Wassers um- oder abgeleitet wird. Ein Spezialfall stellt die Umleitung des Inns (s. Zeile ②) dar, bei dem das Bachbett leider einer Strasse weichen musste. Deshalb zeigt Kolonne (6) einen Umleitfaktor von 100%.

### Bauteile der Hochwasserumleitung

Ein Hochwasserumleitungsprojekt setzt sich immer aus den drei folgenden Bauteilen zusammen:

- Verzweigungs- oder Umleitbauwerk,
- Leitungsbauwerk,
- Vereinigungs- oder Rückgabebauwerk.

Im folgenden werden einige mögliche Varianten für die Konstruktion und die Eigenschaften der drei erwähnten Bauteile aufgezeichnet.

### Hydraulische Gestaltung der Hochwasserumleitung

#### Das Verzweigungsbauwerk

Es wird vorausgesetzt, dass die nachfolgend behandelten Verzweigungsbauwerke nicht mit Regulierorganen wie Klappen, Schützen usw. ausgerüstet sind. Sie arbeiten vollkommen selbstregulierend ohne bewegliche Teile und beruhen alle auf dem selben Prinzip des Überfalls. In Bild 3 sind drei mögliche Prinzipschemen und die Trennungskarakteristiken der entsprechenden Lösungen dargestellt.

- Variante A zeigt das Beispiel eines Hochwasserüberlaufs. Das Niedrig- bis Mittelwasser wird durch eine Öffnung oder einen offenen Kanal mit einer Einengung geführt. Sobald der Wasserspiegel eine bestimmte Höhe erreicht, überläuft ein Teil des Hochwassers in ein Entlastungsgerinne. Durch die Variation der Koten und Abmessungen der Überfall- und Durchflussöffnungen kann die Trennungskarakteristik den Anforderungen des Bauherrn angepasst werden. Diese betreffen in den meisten Fällen die maximalen Abflüsse im alten Gewässer ( $Q_1$ ) und Entlastungsgerinne

Tabelle 1. Zusammenstellung der Abflussmengen einiger projektierter oder ausgeführter Hochwasserumleitungen in der Schweiz

Projekt	Jährlichkeit des Projektes HW (J)	Projektierungswassermengen ( $\text{m}^3/\text{s}$ )			Projektierungswassermengen (%)	
		Hochwasserzufluss vor Verzweigung $Q_1 + Q_2$	Restwasser im alten Gerinne $Q_1$	Umgeleitete Wassermenge $Q_2$	$Q_1 + Q_2 = 100\%$	
					$Q_1$	$Q_2$
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	
① Fextal (Fexbach)	100	110	35	75	32	68
② Innschlucht (Inn)	100	72	0	72	0	100
③ Kempththal (Kempt)	100	105	25	80	24	76
④ Langenthal (Langeten)		75	20	55	27	73
⑤ Hegi (Eulach)	50	50	15	35	30	70
⑥ Luzern (Würzenbach)	100	25.7	2	23.7	8	92
	100	3.5	0	3.5	0	100
		29.2	2	27.2	7	93
⑦		Mittelwert, ausgenommen Innschlucht:			24	76

( $Q_2$ ), sowie die Grenzwassermenge ( $Q_A$ ), bei der die Hochwasserentlastung anspringt. Bild 4 zeigt ein derartiges Verzweigungsbauwerk im Kanton Zürich.

- Die Variante B zeigt einen *Trichterüberfall mit einer als Druckstollen ausgebildeten Ableitung*. Durch die Wahl eines grossen Durchmessers des Einlaufbauwerks kann der Anstieg der Anspringwassermenge ( $Q_A$ ) auf die Höchsthochwassermenge im alten Gerinne ( $Q_1$ ) in engen Grenzen gehalten werden, so dass der Abfluss praktisch konstant bleibt. Bild 5 zeigt die Situation des geplanten Hochwasserschutzes der *Langeten* (Projekt: Ingenieurunternehmung-AG Bern).

- Variante C stellt eine *Fassung mit einer Bachüberführung in einer Brücke* dar. Das Überschusswasser fällt auf beiden Seiten der Brücke in ein Auffangbecken und kann von dort aus einem Entlastungsgerinne zugeleitet werden. Durch die Wahl der Brückenlänge kann bewirkt werden, dass nach dem Überschreiten der Grenzwassermenge ( $Q_A$ ) der Abfluss im ursprünglichen Gewässer konstant bleibt. Die selbe Trennungseigenschaft lässt sich auch mit einem langen Streichwehr erreichen (Bild 3). Bild 6 zeigt die Anwendung dieser Variante C für das Verzweigungsbauwerk des geplanten Hochwasserschutzes an der *Langeten* (Projekt: Scheidegger AG, Ingenieurbüro, Langenthal).

**Das Leitungsbauwerk**

Das *Abflussquerschnitt* des Leitungsbauwerks kann in den meisten Fällen beliebig gewählt werden. Beim Anspringen der Umleitungen herrscht bei allen Konstruktionsarten ein Freispiegelabfluss, wobei Schiessen oder Strömen möglich ist. Bei Konstruktionen mit geschlossenen Leitungen kann bei grösseren Abflussmengen und geeigneten Höhenverhältnissen ein System unter Druck angewandt werden (Bild 7). Bei flacher Topographie ist das Drucksystem eher unerwünscht, da keine Druckhöhe zur Verfügung steht und das Zuschlagen der Transportleitung eine Verminderung des Abflusses zur Folge hätte. Dadurch kann ein unerwünschter Rückstau entstehen.

Die *Abflusskapazität* des Ableitgerinnes wird beeinflusst durch die Wahl des Querschnitts, der Rauigkeit und der Neigung. Durch eine gerade Linienführung kommt oft eine stärkere Neigung als die des ursprünglichen Gerinnes zustande. Glatte Wandungen und hydraulisch geeignete Querschnittsformen verbessern das Abflussvermögen wobei ein schiessen-der Abflusszustand entstehen kann.

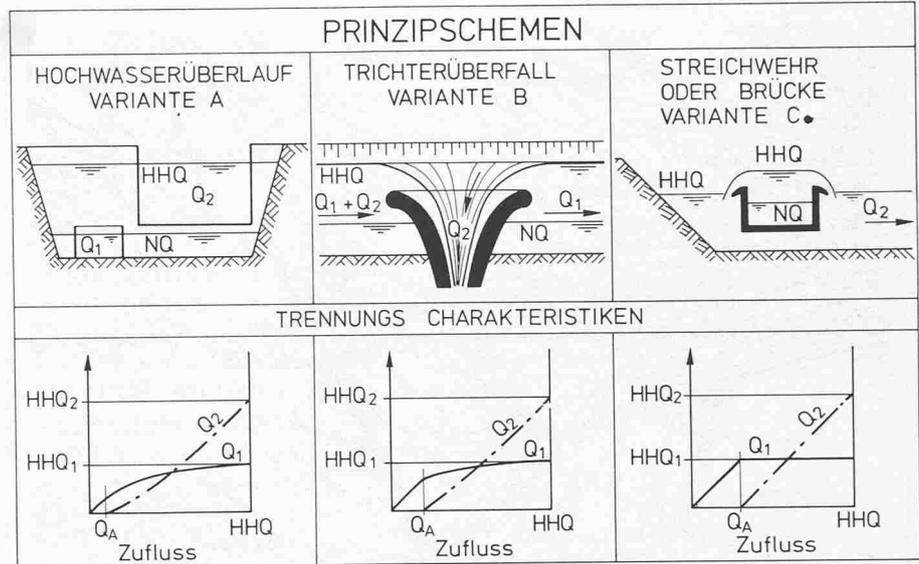


Bild 3. Prinzipschemen für drei mögliche Varianten von Verzweigungsbauwerken und deren Abflusscharakteristiken für  $Q_1$  und  $Q_2$

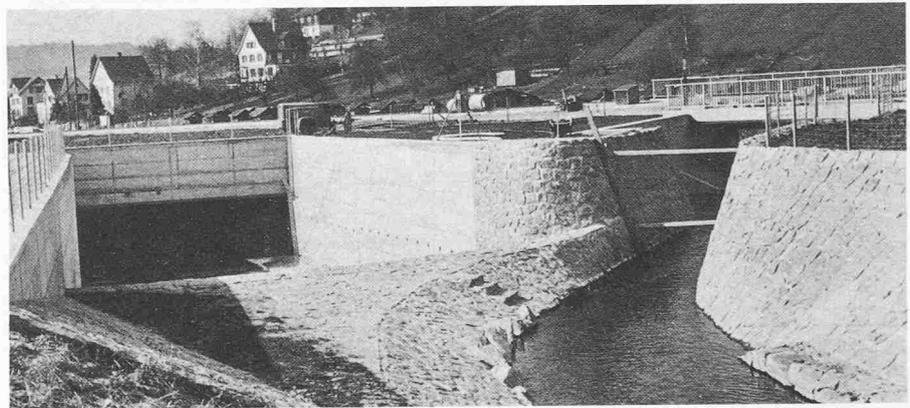


Bild 4. Verzweigungsbauwerk der Eulach bei Hegi. Der breite Hochwasserüberlauf (links) entlastet die Hochwasserspitze über ein Tosbecken in den überdeckten Umleitstollen mit Freispiegelabfluss. Nach dem Wassersprung im Tosbecken stellt sich im Stollen ein strömender Abflusszustand ein. Rechts ist die Überleitung in den alten Eulachlauf sichtbar. Die auf Winkeleisen geschraubte Tauchwand zur Abweisung von Gschwemmsel sowie zur Reduktion der Wassermenge im alten Lauf ( $Q_1$ ) ist noch nicht montiert

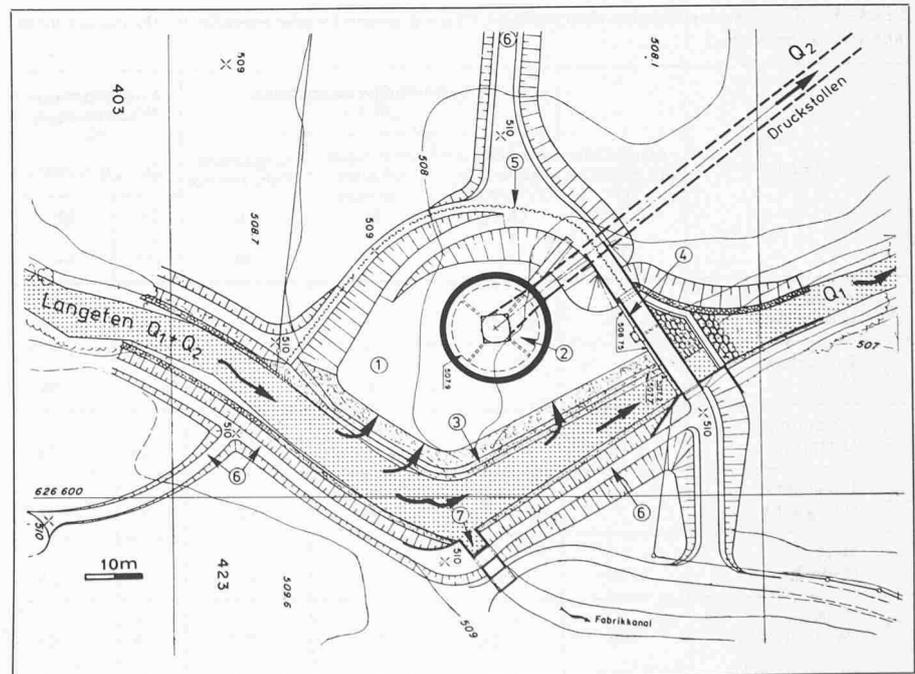


Bild 5. Verzweigungsbauwerk mit Trichterüberfall. Bei einem grösseren Zufluss als  $12 \text{ m}^3/\text{s}$  fällt ein Teil des Wassers der Langeten ( $Q_2$ ) über das seitliche Streichwehr und staut sich im - den Trichter umgebenden - Becken auf, bis es über die Überfallkante in den Stollen eingeleitet werden kann.

- ① Einlaufbecken; ② Trichterüberfall; ③ Überfallkante für  $Q_2$ ; ④ Beckenüberlauf; ⑤ Spundwand;
- ⑥ Schutzdämme; ⑦ Einlauf Fabrikkanal

Die Querschnittsflächen des Umleitbauwerks sind deshalb oft kleiner als die des ursprünglichen Gerinnes, obwohl meistens der grössere Anteil des Bemessungshochwassers umgeleitet wird.

Es empfiehlt sich, im Querschnitt des Abflussprofils immer eine *kleine Niederlauftrinne* vorzusehen. Die Sohle des Profils weist zur Niederwassertrinne hin ein Quergefälle auf, so dass seitlich in die Umleitung eindringendes Wasser abfließt. Anlagen ohne Niederlauftrinne haben gezeigt, dass unerwünscht eindringendes Wasser sich auf der trockenen Sohle ausbreitet und dort zu Schlamm- und unangenehmer Geruchsbildung führen kann. Leitungssysteme die *Grundwassergebiete* durchqueren, müssen dicht gestaltet werden. Es dürfen keine unerwünschten Grundwasserabsenkungen entstehen und es darf bei Drucksystemen kein verunreinigtes Hochwasser in den Grundwasserträger eingepresst werden.

**Das Rückgabebauwerk**

Aus hydraulischer Sicht hat das Rückgabebauwerk die Aufgabe, die verschiedenen Zustände der zu vereinigenden Abflüsse einander anzugleichen. In den meisten Fällen fliesst das umgeleitete Wasser bedeutend schneller als das Wasser im alten Lauf. Auch die Fliessrichtungen sind oft verschieden, so dass sie einander angeglichen werden müssen. Bei der Rückgabe in ein Fließgewässer sind zwei Lösungstypen möglich:

- Die *Überschussenergie* des umgeleiteten Wassers wird in einem *Tosbecken* abgebaut. Anschliessend wird das Umleitwasser dem alten Lauf zuge-

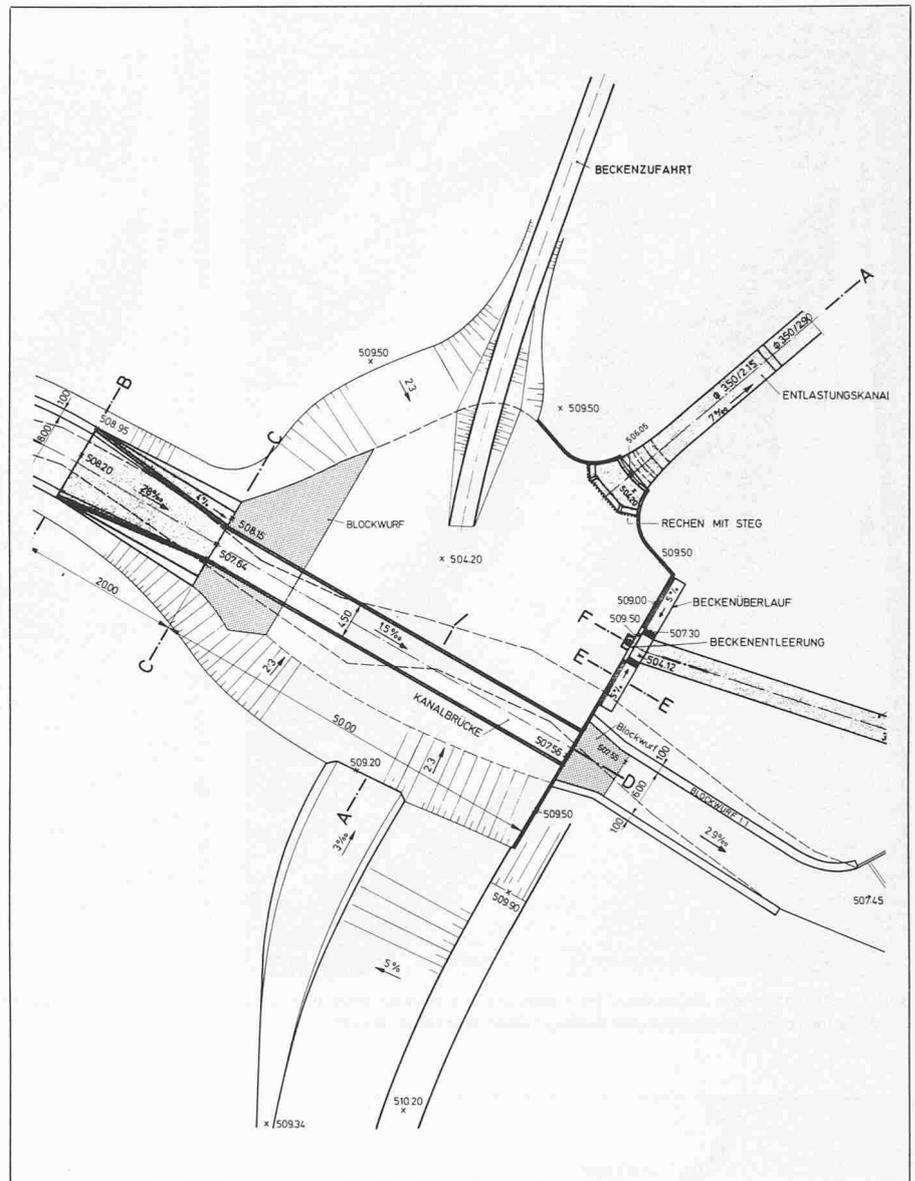


Bild 6. Verzweigungsbauwerk mit Brücke. Das Wasser der Langeten wird über eine Brücke geführt, die über einem Becken angeordnet ist. Bei einem Abfluss von 12 m<sup>3</sup>/s erreicht der Wasserspiegel die Überlaufkanten. Bei zunehmendem Hochwasser fällt das Überschusswasser Q<sub>2</sub> in ein Sammelbecken und wird von dort aus in einen überdeckten Kanal geleitet

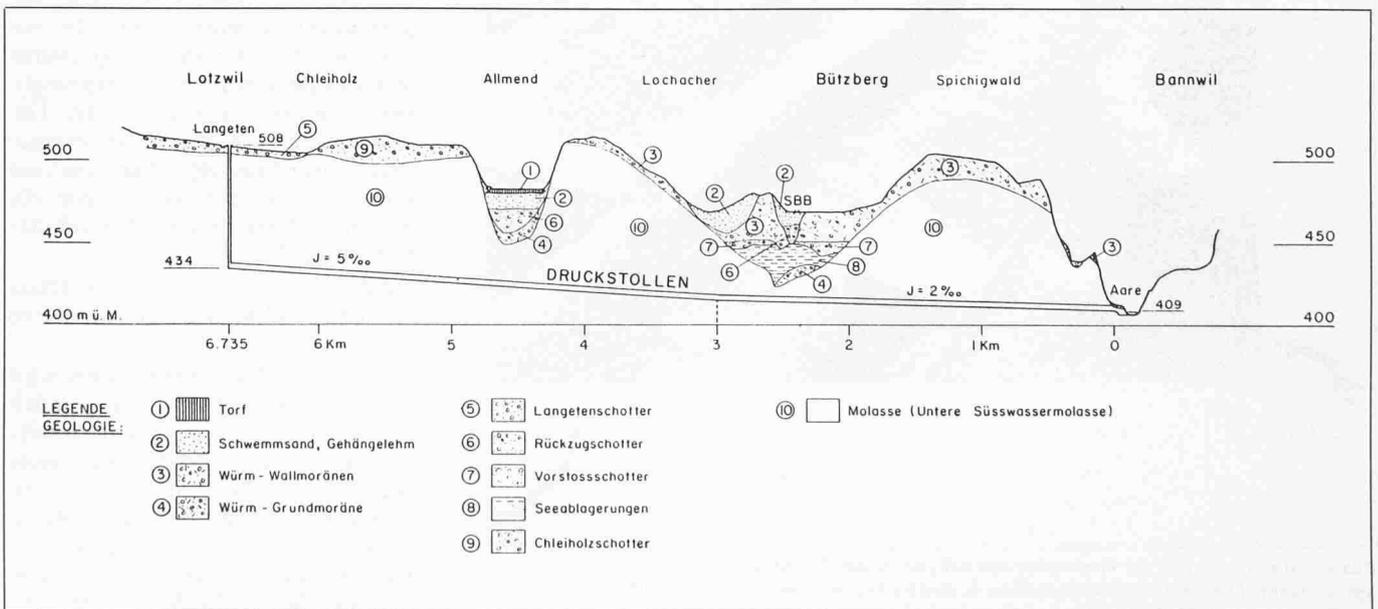


Bild 7. Längenprofil der Hochwasserableitung der Langeten. Das Wasser wird durch einen 74 m hohen Fallschacht in den Druckstollen geleitet, der zur Aare führt

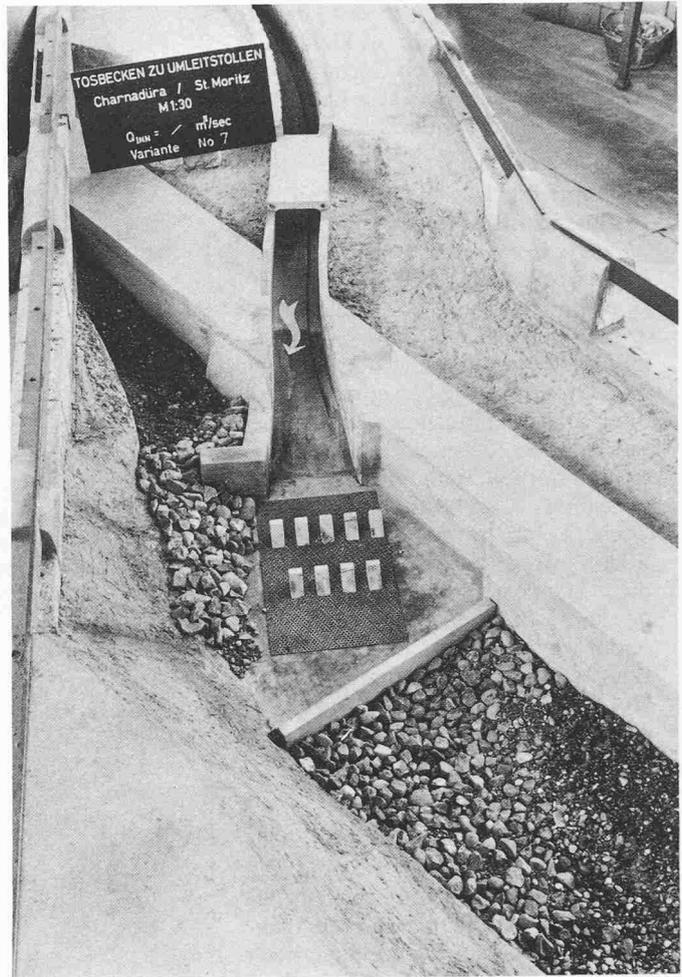
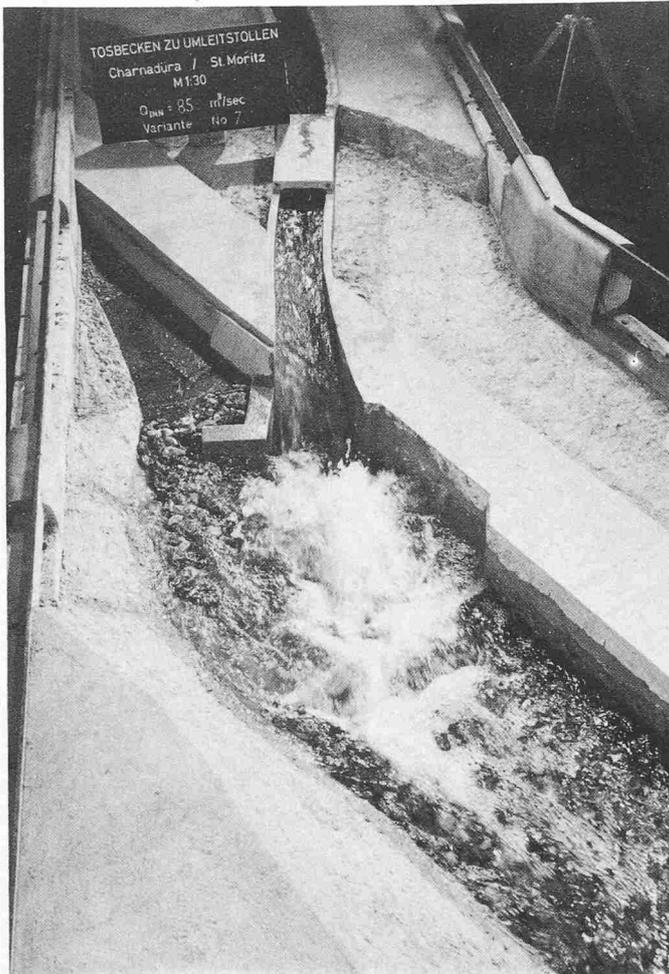


Bild 8. Aufnahme des Tosbeckens der Umleitung des Inns im Modell (Massstab 1:30). Die Energieumwandlung des aus dem Stollen schiessenden Strahls wird durch die im Tosbecken eingebauten Rehbockzähne wesentlich verstärkt

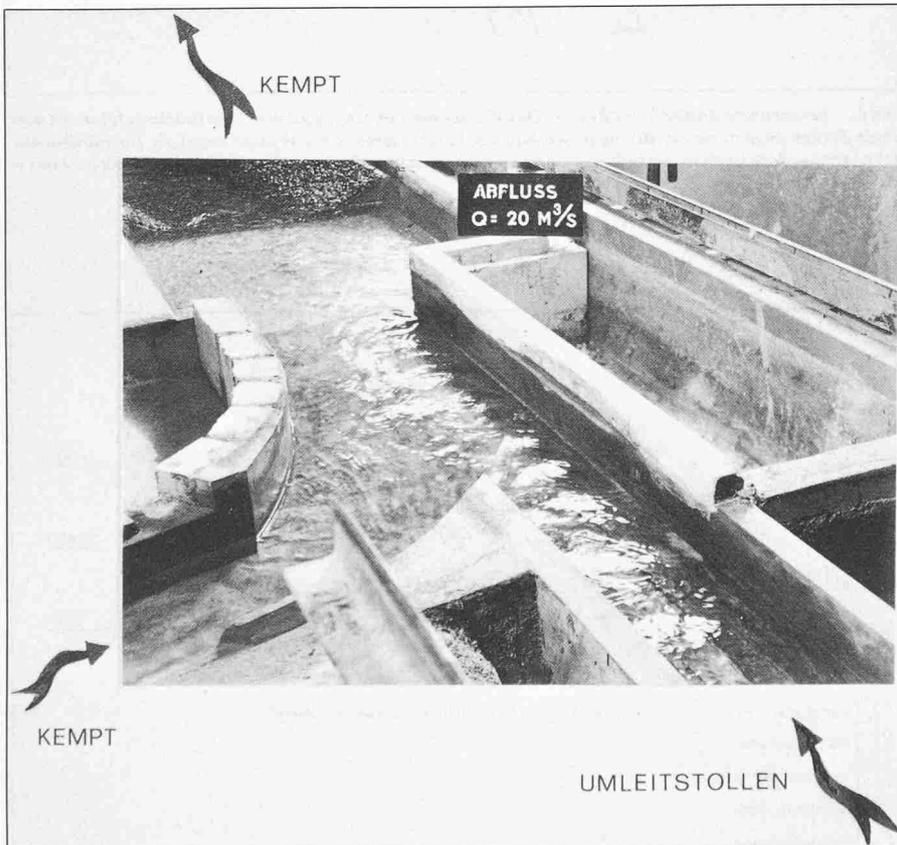


Bild 9. Modellaufnahme des Vereinigungsbauwerks der Kempt-Umleitung (Massstab 1:30). Längs der vor dem Tosbecken liegenden Impulsaustauschstrecke wird ein Teil der Energie des schiessenden Stollenabflusses auf das vom alten Kemptlauf zufließende Wasser übertragen. Dank diesem Austausch, der eine Art Saugeffekt zur Folge hat, wird der Rückstau in der alten Kempt verringert

führt. Bild 8 zeigt eine Modellaufnahme des Tosbeckens der Umleitung des Inns. Obwohl in diesem speziellen Fall die gesamte Wassermenge umgeleitet wird, zeigt das Photo, wie ein solches Becken gestaltet werden kann.

- Die Überschussenergie des umgeleiteten Wassers soll teilweise dem Abfluss im alten Gerinne übertragen werden. Diese Lösung erfordert eine Impulsaustauschstrecke, längs der ein Teil der Energie des umgeleiteten Wassers dem Wasser im ursprünglichen Gerinne zugeführt wird. Dadurch kann die Gefahr eines eventuellen Rückstaus im alten Gerinne vermindert werden. Bild 9 zeigt ein derartiges Vereinigungsbauwerk der Kemptumleitung.

Die Rückgabe in Seen oder grosse Flüsse lässt sich grundsätzlich auf zwei Arten lösen:

- Die Energie des Umleitewassers wird in einem Tosbecken umgewandelt und anschliessend dem langsam strömenden oder stehenden Gewässer zugeführt. Dabei ist den Spiegelschwankungen des Vorfluters Rechnung zu tragen. Bild 10 zeigt den Längsschnitt der Hochwasserableitung des Würzenbachs und der beiden Bütenbäche (vgl. Bild 2).

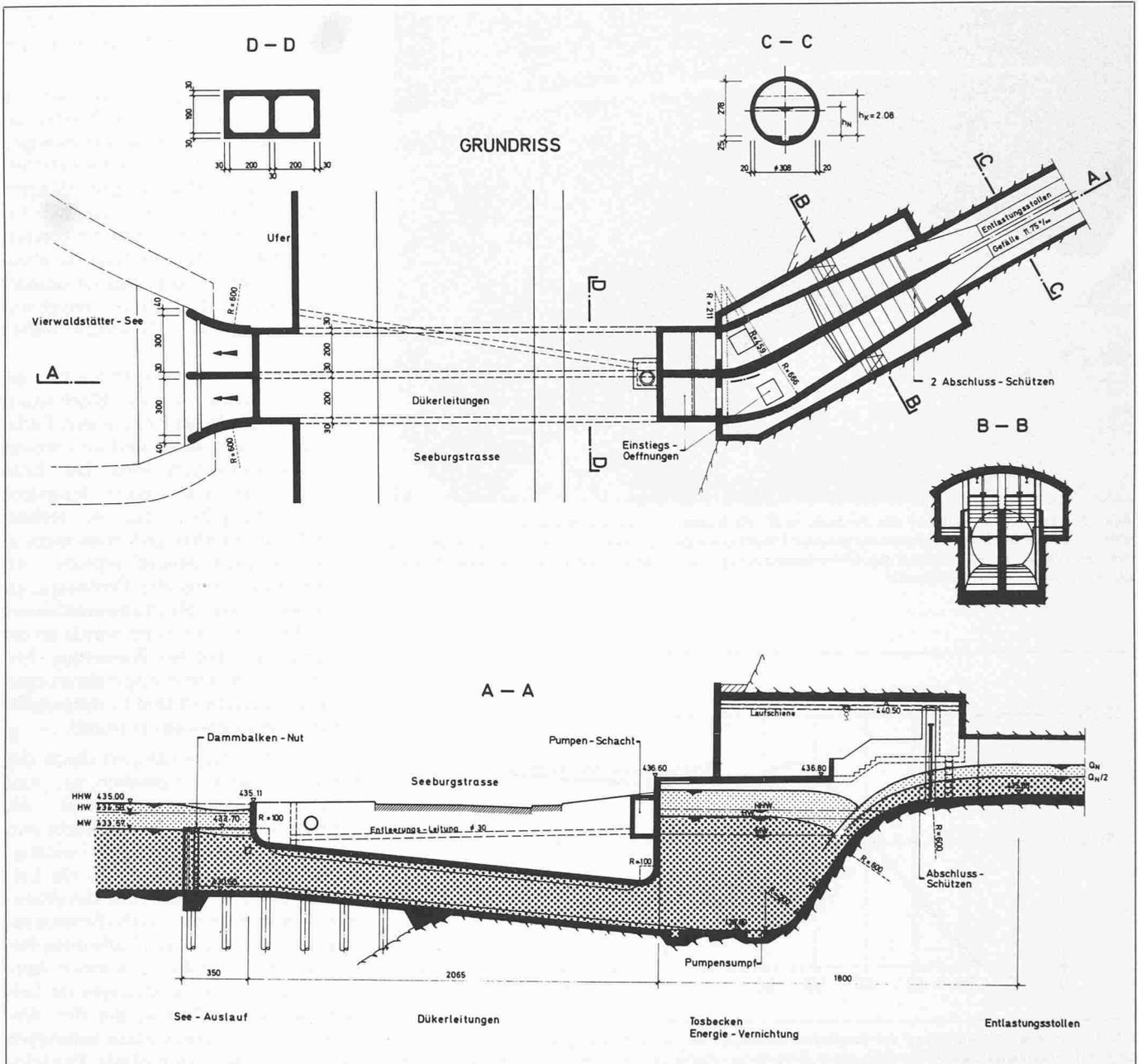


Bild 10. Längsschnitt durch das Rückgabebauwerk der Hochwasserableitung des Würzenbachs und der beiden Büttenbäche: Die Energie des schiessenden Abflusses aus dem Stollen wird im Tosbecken umgewandelt. Anschliessend wird das Wasser durch den Düker in den See gedrückt (vgl. Bild 2)

- Die Energie des Umleitwassers wird nicht umgewandelt. Der Abfluss gelangt strahlförmig in den Vorfluter. Besonders zu beachten ist, dass keine Beschädigungen auftreten können und das weder schwimmende Objekte noch Menschen Gefahren ausgesetzt sind.

**Berücksichtigung des Geschwemmsels**

Oft bringen Hochwasserabflüsse grosse Mengen an Geschwemmsel, das sogar die Grösse ganzer Baumstämme und -strünke erreicht. Diese dürfen das einwandfreie Funktionieren der Bauwerke nicht beeinträchtigen, sie müssen also von den kritischen Stellen wie Einläufe oder Überfälle ferngehalten werden.

- Bei der Variante A in Bild 3 geschieht dies durch eine günstige Anordnung der Durchflussöffnung für  $Q_1$ . Das

Bauwerk sollte so gestaltet werden, dass die oberflächliche Strömung möglichst über den breiten Überlauf für  $Q_2$  führt und das Wasser für das ursprüngliche Gewässer bei Hochwasser aus tieferen Regionen entnommen wird. Natürlich muss sichergestellt sein, dass das Geschwemmsel gefahrlos durch die Entlastung abgeführt werden kann.

- In Variante B lässt sich das Geschwemmsel mit wenig Aufwand vom Trichtereinlauf fernhalten, sei es durch eine *kreisförmige Tauchwand* oder einen *Rechen* in genügendem Abstand vor dem Bauwerk. Nach einem Hochwasser muss das Geschwemmsel bei dieser Anlage von Hand oder maschinell entfernt werden. Ein Teil des Schwimmguts wird im ursprünglichen Gerinne weitertransportiert.

- In Variante C wird der grosse Anteil des Geschwemmsels in das Auffangbecken fallen. Es muss mit einem Rechen oder einer Tauchwand dafür gesorgt werden, dass dieses nicht in den Entlastungskanal eindringt und diesen eventuell verstopft. Es drängt sich eine Beseitigung des Geschwemmsels in der gleichen Art wie bei Variante B auf, falls nicht die Möglichkeit eines Abtransportes durch den Entlastungskanal geschaffen wird.

Falls das Geschwemmsel beim Verzweigungsbauwerk nicht ferngehalten wird, muss es durch das Leitungsbauwerk abgeführt werden, ohne Schäden oder Verstopfung hervorzurufen. Diese Bedingung lässt sich in den meisten Fällen erfüllen. Eine Beschädigung des Bauwerkes ist nicht zu erwarten, da die schwimmenden Materialien weicher

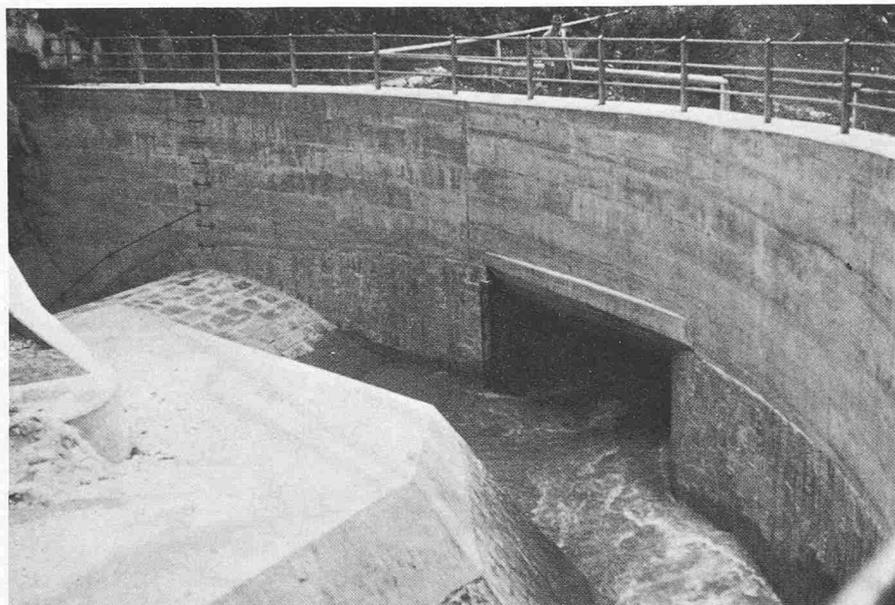


Bild 11. Verzweigungsbauwerk des Fexbachs (GR). Es handelt sich um ein Bauwerk der Variante A in Bild 3. Bei Niedrigwasser durchquert der gesamte Zufluss sowie das Geschiebe die Öffnung in der Sperre. Bei zunehmender Wassermenge fließt das Überschusswasser ( $Q_2$ ) sowie ein Geschiebeanteil von etwa 75% über die in den Stollen führende Schwelle

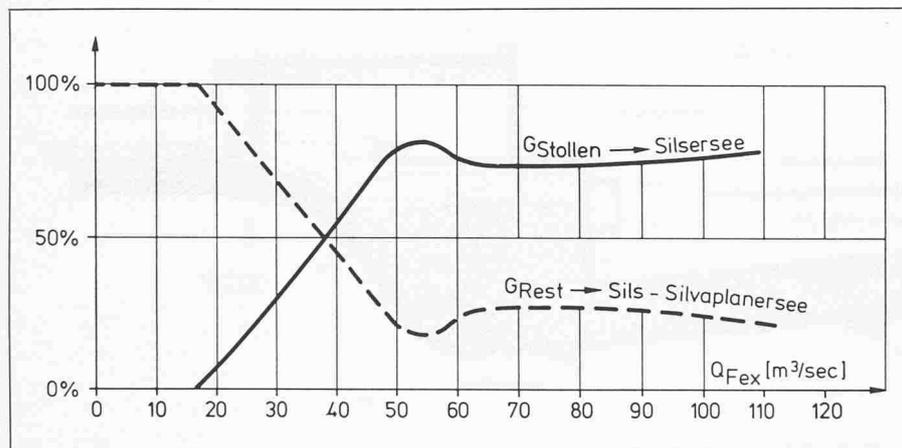


Bild 12. Prozentuale Aufteilung des Geschiebes. Im Modell ermittelte Abhängigkeit der Geschiebeaufteilung im Verzweigungsbauwerk des Fexbachs in Funktion des Zuflusses. Die Grenzwassermenge des Geschiebetriebsbeginns ist praktisch  $0 \text{ m}^3/\text{s}$ . Die Geschiebeüberleitung in den Umleitstollen beginnt bei etwa  $17 \text{ m}^3/\text{s}$  und erreicht einen beinahe konstanten Anteil von 75% zwischen  $55 \text{ m}^3/\text{s}$  und  $110 \text{ m}^3/\text{s}$

sind als das Konstruktionsmaterial und dieses somit nicht angreifen können. Bei Freispiegelabfluss in geschlossenen Leitungen ist der Füllungsgrad nicht zu hoch zu wählen, so dass sperriges Schwimmgut nicht aufgehalten wird. Bei Systemen unter Druck dürfen Profilveränderungen nur so gestaltet werden, dass das Geschwemmsel mühelos der Decke entlanggleitet.

Das durch die Umleitung geleitete Geschwemmsel tritt bei der Rückgabe wieder zu Tage. Wie beim Geschiebe auf der Sohle sollen nun ebenso an der Decke keine vertikalen Absätze oder Rücksprünge angeordnet werden, die vom Geschwemmsel nicht überwunden werden können. Deshalb ist sogar die Anordnung schräger Tauchwände ungeeignet. Bei der Energieumwandlung im Tosbecken wird das Geschwemmsel vor allem durch die Wirkung der Reh-

bockzähne stark zerkleinert. Grössere Stücke wie Baumstrünke usw. werden sich eventuell zwischen den Zähnen verklemmen. Die Energieumwandlung wird jedoch deswegen nicht verschlechtert. Es hebt sich lediglich der Wasserspiegel im Tosbecken, was bei der Freibordhöhe in Rechnung gestellt werden sollte.

#### Geschiebetechnische Aspekte der Hochwasserleitung

Bei der Verzweigung von stark geschiebeführenden Gewässern stellt sich das schwer zu lösende Problem der Geschiebeaufteilung. Durch den Entzug von grossen, oft geschiebefreien Wassermengen aus dem ursprünglichen Gewässer wird die Schleppkraft drastisch reduziert. Bei unveränderten Geschiebemengen können dadurch Abflussbe-

hinderungen oder starke Aufladungen in den verschiedenen Bauteilen entstehen.

- Die Verzweigungsbauwerke der Varianten B und C in Bild 3 sind zur Aufteilung der Geschiebemengen eher ungeeignet, da sich das Geschiebe in den Auffangbecken ablagern wird. Zudem ist es kaum möglich, bei starkem Geschiebeanfall die gesamte Menge durch das alte Gerinne abzuführen. Die Becken müssen deshalb nach jedem Hochwasser maschinell vom abgesetzten Geschiebe befreit werden.
- Die Variante A hingegen kann so gestaltet werden, dass bei Hochwasser ein Teil des Geschiebes in den Entlastungskanal gelangt und von diesem weitertransportiert wird. Die Erarbeitung der Form eines derartigen Verzweigungsbauwerks ist rechnerisch kaum lösbar und muss meist in hydraulischen Modell erprobt werden. Bild 11 zeigt das Verzweigungsbauwerk der Hochwasserableitung am Fexbach. Die Form wurde an der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie derart erarbeitet, dass die in Bild 12 dargestellte Geschiebeaufteilung entstand.

Falls ein Geschiebetransport durch das Leitungsbauwerk vorgesehen ist, sind genaue Untersuchungen über die Eigenschaften der Geschiebefracht und -menge vorzunehmen. Es ist wichtig, darauf zu achten, dass die in die Leitung eintretende momentane Geschiebemenge immer kleiner ist als die momentane Transportkapazität. Falls diese Bedingung nicht erfüllt ist, können Aufladungen oder Verstopfungen im Leitungsbauwerk auftreten, die den Abfluss der Hochwasserspitzen behindern und somit das einwandfreie Funktionieren der gesamten Anlage in Frage stellen.

Es dürfen also keine Berechnungen angestellt werden, bei denen eine Kontinuität der Geschiebebewegung über das Mittel einer Zeitspanne vorausgesetzt wird. Bei abklingendem Hochwasser sollte kein Geschiebe in der Transportleitung liegenbleiben, da es das zufließende Sickerwasser in der Niederlauf Rinne behindert oder diese sogar verstopft.

Die erwähnten Transportprobleme lassen sich in den meisten Fällen durch konstruktive Massnahmen lösen. Ein beinahe unlösbares Problem jedoch liegt in der Abrasionswirkung des Geschiebes, da die Geschiebematerialien oft härter sind als die Konstruktionsmaterialien. Die zudem meist hohen Abflussgeschwindigkeiten sowie die Reibung des Geschiebes können zu starken Beschädigungen an der Sohle des Leitungsbauwerkes führen. Ein Schutz gegen derartige Zerstörungen ist kaum möglich.

Beim Vereinigungsbauwerk ergeben sich meistens keine geschiebetechnischen Probleme, da nach dem Zusammenfluss beider Wassermengen die Geschiebetransportkapazität ihre ursprüngliche Grösse einnimmt. Wichtig ist, dass im Vereinigungsbauwerk die Schleppkraft längs allen Wegen genügt, um das anfallende Material weiterzuleiten. Falls diese Bedingung nicht erfüllt ist, entstehen in den Totwasserzonen Ablagerungen, die ein einwandfreies Funktionieren des Bauwerks bei grösseren Hochwassern in Frage stellen. Die genannten Probleme stellen sich vor allem bei kleineren geschiebeführenden Hochwassern, da in diesem Zustand die Abflusstiefen und somit auch die Schleppkräfte geringer sind.

Bei der Ableitung des geschiebeführenden Hochwassers in ein Flusssystem muss die Geschiebetransportkapazität des Flusses ausreichen, um die zugeführte Mehrbelastung aufzunehmen. Diese Bedingung ist wohl am wenigsten erfüllt, falls die umgeleitete Hochwasserspitze eintritt, während der Fluss Niederwasserabfluss führt. In diesem Fall können Ablagerungen entstehen, die eventuell bei einem späteren Hochwasser des Flusses abgetragen werden.

Bei der Rückgabe in einen See bilden sich infolge der kleinen Seeströmungsgeschwindigkeiten *Deltas*. Bei flachen Seegrundverhältnissen können die Deltaformationen einen Rückstau gegen das Leitungsbauwerk hin bewirken. Es wäre deshalb von Vorteil, die Rückgabe einer geschiebeführenden Hochwasserableitung an möglichst *steilen* Seeufeln vorzusehen. Das Delta kann sich dabei mehr in die Tiefe als in die Breite ausweiten.

**Schutz der Fische**

Da die Fische während Hochwasserereignissen meistens einen geschützten Ort mit kleinen Strömungsgeschwindigkeiten aufsuchen, muss zu dieser Zeit nicht mit einem Wandern gerechnet werden. Sie durchschwimmen deshalb die Hochwasserschutzanlage höchstens beim Abklingen des Hochwassers oder bei Niedrigwasser. Es ist wichtig, dass durch den Bau einer Anlage *keine stehenden Gewässer* entstehen, die von eingeschwemmten Fischen nicht mehr verlassen werden können. In solchen Fällen führt der Mangel an Sauerstoff zum Tod der eingesperrten Tiere. Das Wasser aus solchen Räumen muss abgelassen werden, es sei denn, die Fische können sich über Fischtreppen in das ursprüngliche Fliessgewässer retten.

Eine weitere Möglichkeit diesem Nachteil zu begegnen, wäre auch die Schaffung eines *ständigen Beckendurchflusses*. Bei Niedrigwasser wird dadurch ein *genügender Sauerstoffeintrag*, sowie ein *Durchgang für die Fische erreicht*.

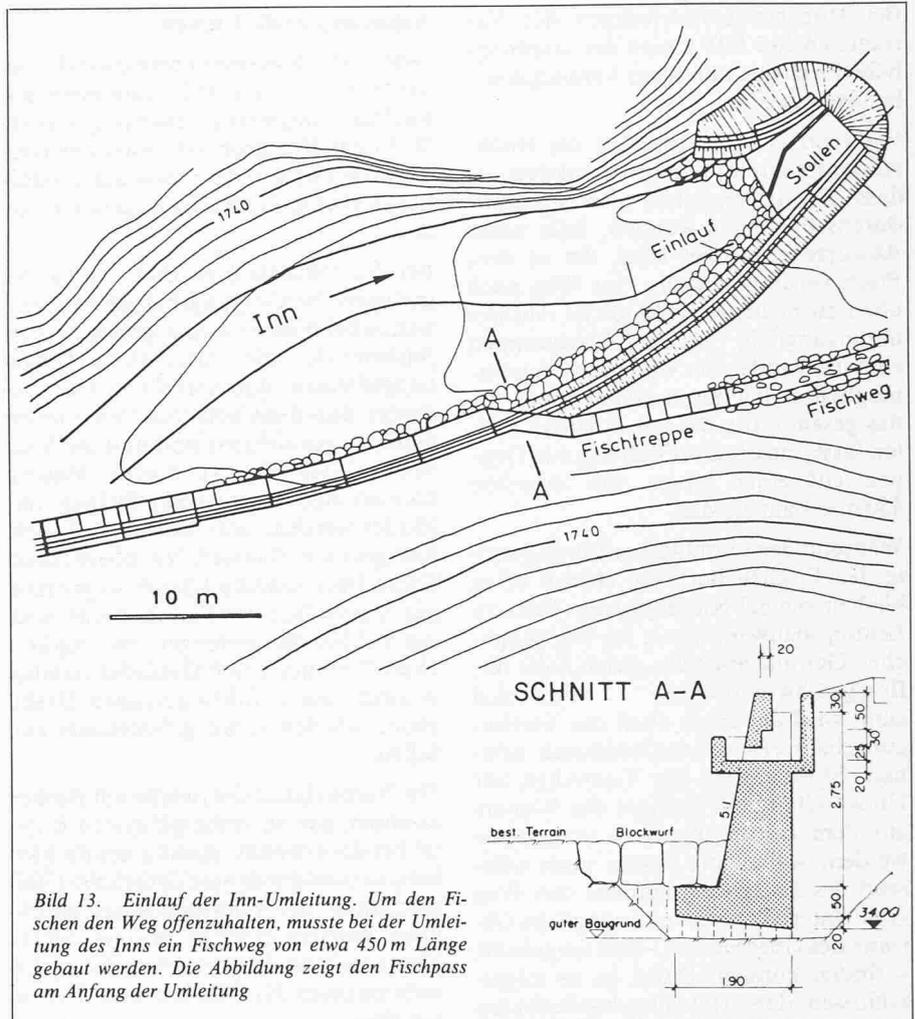


Bild 13. Einlauf der Inn-Umleitung. Um den Fischen den Weg offenzuhalten, musste bei der Umleitung des Inns ein Fischweg von etwa 450 m Länge gebaut werden. Die Abbildung zeigt den Fischpass am Anfang der Umleitung

Wird zum Beispiel bei einem Verzweigungsbauwerk der Variante A, Bild 3, hinter der Überlaufschwelle ein Tosbecken angeordnet, so soll nach einem Hochwasser entweder eine völlige Entleerung des Beckens möglich sein, oder dieses ist durch eine Fischtreppe mit dem Niedrigwasserabfluss zu verbinden.

Die Auffangbecken der beiden Varianten B und C in Bild 3 müssen ebenfalls zu Reinigungszwecken völlig entleert werden. Dabei ist die Sohle eines solchen Beckens so zu gestalten, dass keine Totwassertümpel - z. B. in Form von Baggerlöchern - entstehen, oder Fische beim Entleeren trocken gelegt werden, was bei zu flachen Beckenböden möglich ist. Diese Becken können auch ständig mit Wasser gefüllt sein. Ein kontinuierlicher Durchfluss muss jedoch deren Sauberhaltung sicherstellen. Bei abklingendem Hochwasser muss der Fisch das Leitungsbauwerk ungehindert verlassen können. Die im Abschnitt über das Leitungsbauwerk erwähnte Niederlauftrinne dient bei geringen Gerinneneigungen auch dazu, den Fischen selbst bei wenig Durchfluss eine genügend hohe Wassertiefe zu sichern. Bei starken Neigungen würde ein Fisch ohnehin durch die hohen Abflussgeschwindigkeiten ausgeschwemmt, wobei in solchen Fällen dennoch die Niederlauftrinne sinnvoll

ist. Leitungsbauwerke, die infolge seitlicher Zuflüsse ständig durchströmt sind, müssen so konstruiert werden, dass sie von Fischen mühelos benützt werden können, oder dass ein Eindringen der Fische von unten her unmöglich wird. Dies kann zum Beispiel erreicht werden durch einen genügend hohen Absturz ins Vereinigungsbauwerk.

Bei vollständiger Umleitung des gesamten Flusswassers, wie dies zum Beispiel am Inn der Fall ist (s. Tabelle 1, Zeile ②), muss entweder die Abflussgeschwindigkeit bei Niedrig- und Mittelwasser unter etwa 0,9 m/s liegen, oder es muss eine spezielle Fischtreppe vorgesehen werden (Bild 13). In beiden Fällen ist es unerlässlich, dass die Fische längs ihrem Weg genügend Licht haben.

Bei Hochwasserableitungen (vgl. Bild 1, Variante 2A und 2B) stellen sich beim Rückgabebauwerk keine Probleme hinsichtlich der Fischwege, da die Fische den Weg der Umleitung mangels Licht oder wegen zu hohen Strömungsgeschwindigkeiten ohnehin nicht wählen. Bei Hochwasserumleitungen der Variante 1B in Bild 1 bleibt der Fischweg unterhalb des Verzweigungsbauwerks im ursprünglichen Gerinne erhalten und wird nicht durch ein Rückgabebauwerk unterbrochen.

Bei Hochwasserumleitungen der Variante IA in Bild 1 wird der ursprüngliche Fischweg durch ein Vereinigungsbauwerk gestört.

Während Niedrigwasser ist die Hochwasserumleitung nicht in Funktion, so dass Fische ungestört das Bauwerk durchschwimmen können, falls keine Abstürze eingebaut sind, die es dem Fisch verunmöglichen, den Weg nach oben zu nehmen. Sind solche Absätze unumgänglich, können Fischtreppe ein Überwinden der Höhendifferenz ermöglichen. Bei der Inn-Umleitung, die das gesamte Inn-Wasser in einem Stollen fasst, musste ein Fischweg mit Treppen auf einer Länge von ungefähr 450 m gebaut werden.

Während der Mittelwasserführung sollte den Fischen der Weg ebenso offen bleiben wie bei Niedrigwasser. Falls im Leitungsbauwerk sowie im ursprünglichen Gerinne ungefähr gleich hohe Abflussgeschwindigkeiten vorhanden sind, wird der Fisch auch das Vereinigungsbauwerk durchschwimmen können. Muss jedoch ein Tosbecken zur Umwandlung der Energie des Wassers aus dem Leitungsbauwerk vorgesehen werden, sollten die Fische auch während des Entlastungsbetriebs den Weg vom Unterwasser ins ursprüngliche Gerinne des Oberwassers – und umgekehrt – finden können. Dabei ist es ausgeschlossen, dass sie den hochturbulenten Abfluss im Tosbecken durchqueren. Durch den Bau eines geschützten Fischweges, der das Tosbecken umströmt, kann den Tieren diese Bewegungsmöglichkeit geboten werden.

### Anpassung an die Umwelt

Jedes Hochwasserschutzbauwerk bedeutet einen Eingriff in eine meist natürliche Umgebung. Durch geeignete Wahl der Konstruktion sowie der Baumaterialien kann die Störung der natürlichen Harmonie minimal gestaltet werden.

Bei der Variante A in Bild 3 sowie bei gewissen Vereinigungsbauwerken entstehen bei Niedrigwasser *grosse Mauerflächen*, die die natürlichen Umgebungsformen durchbrechen. Das bedeutet, dass diese konstruierten Formen meistens gut sichtbar sind und ins Auge stechen (vgl. Bild 4). Solche Mauern können zum Beispiel mit Steinen verkleidet werden, oder es wäre möglich, das gesamte Bauwerk zu überdecken. Diese Überdeckung könnte so grosszügig angeordnet werden, dass nur noch die beiden Berandungen des natürlichen Gerinnes durch Geländer sichtbar würden. Die in Bild 4 gezeigten Drahtzäune würden somit grösstenteils entfallen.

Die Verzweigungsbauwerke mit Becken könnten, wie im vorhergehenden Kapitel bereits erwähnt, ständig gefüllt bleiben, so dass durch eine natürliche Ufergestaltung der Eindruck eines wirklichen Weihers entsteht. Bäume, Sträucher sowie Sitzbänke helfen dabei, Erholungsraum für Mensch und Tier zu schaffen.

Der geringste Eingriff in die Umgebung entsteht, wenn das Leitungsbauwerk *überdeckt* wird. Ein Zudecken der Leitung kann selbst bei Freispiegelgerin-

nen durchgeführt werden und ist wenn immer nur möglich anzustreben, obwohl höhere Kosten entstehen (vgl. Bild 4). Falls jedoch dem Landschaftsschutz mit einem unsichtbaren Leitungsbauwerk nicht entsprochen werden kann, bestehen dennoch Konstruktionsarten, die ein sauberes Eingliedern des Bauwerkes in die Landschaft ermöglichen. Die Linienführung eines solchen künstlichen Gewässers sollte so gewählt werden, dass sie einen natürlichen Lauf vortäuscht. Die Querprofile werden ebenfalls so gewählt, dass sie dem eines natürlichen Gerinnes gleichen. Durch Bepflanzungen und Erosionsschutz mit Steinen entsteht der Gesamteindruck eines naturnahen Gewässers. Eine genügende Dotierwassermenge ist dabei unerlässlich.

Bei den Rückgabebauwerken in Seen oder grossen Flüssen kann das Leitungsbauwerk bis ans Ufer zugedeckt werden, so dass wohl kaum bemerkt wird, ob die Umleitung in Betrieb ist oder nicht (vgl. Bild 10).

Adresse des Verfassers: F. Schaad, dipl. Ing. ETH, Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie, Eidg. Technische Hochschule Zürich, 8092 Zürich

## Eulachkorrektur Hegi-Rümikon

Von Werner Ruckstuhl, Zürich

Die Eulach ist in den Jahren 1974–1976 zwischen Hegi (Stadt Winterthur) und Rümikon (Gemeinde Elsau) korrigiert und ausgebaut worden. Im Bereich der genannten Flussstrecke traten häufig Überflutungen auf, die zu grossen Schäden an Wohngebieten und Kulturland führten. Dies war insbesondere in den Jahren 1952 und 1968 der Fall, worauf das Amt für Gewässerschutz und Wasserbau (AGW) des Kantons Zürich im Einvernehmen mit dem Bauamt der Stadt Winterthur die Projektierung dieses Abschnittes an die Hand nahm.

Aus dem Wunsch heraus, das *erhaltenswerte Dorfbild von Hegi* nicht durch die Ausweitung des Flussprofils zu zerstören, entwickelte sich die Idee, die heutige Eulach unverändert für den normalen Wasserabfluss bestehen zu lassen, dafür aber für das Hochwasser einen speziellen, geschlossenen Kanal um das Dorf herum zu bauen (Bild 1). Für den

Entlastungskanal von rund 1000 m Länge konnte ausserhalb des Dorfes eine günstige Linienführung gefunden werden, die als Abgrenzung von unterschiedlichen Bauzonen diente. Ausserdem konnte die beanspruchte Parzelle gleichzeitig zur Errichtung einer Umfahrungsstrasse benützt werden, womit für beide beteiligten Gemeinden eine

dringend erwünschte Verkehrssanierung erreicht werden konnte. Die Landerwerbskosten wurden dadurch zu zwei Dritteln vom Strassenbau übernommen. Auf der übrigen Korrektionsstrecke folgt der Ausbau dem alten Bachlauf (Bild 2).

### Einzugsgebiet und Abflussmengen

Die Eulach bildet die Vorflut des sogenannten «Eulachtales» zwischen Elgg und Winterthur an der *SBB-Hauptverkehrslinie Winterthur–St. Gallen*. Der Fluss hat hier den typischen Charakter eines ins Flachland austretenden Wildgewässers. Er liegt *etwas erhöht zur Umgebung*, deshalb kann das bei Überflutungen austretende Wasser beim Rückgang des Hochwassers nicht mehr in das Bett zurückfliessen. Das Durchflussprofil wurde im Jahre 1877 für eine Abflussmenge von rund  $20 \text{ m}^3/\text{s}$  ausge-