

## MESSWEHRE UND MESSGERINNE

Helmut Kobus

Inhalt	Seite
1. Einleitung	15-1
2. Regelquerschnitte bei strömendem Normalabfluß	15-3
3. Bauwerke mit Abflußkontrolle	15-4
4. Breitkronige Wehre, Sohlenschwellen	15-6
5. Scharfkantige Wehre	15-6
6. Rundkronige Wehre	15-7
7. Kontraktionsgerinne	15-8
8. Kalibrierung von Meßbauwerken	15-8
9. Schlußbemerkung	15-9
10. Literaturhinweise	15-10

## 1. EINLEITUNG

Zur Abflußermittlung an kleinen und mittleren Gewässern werden neben dem Einsatz anderer Meßverfahren häufig auch Meßbauwerke herangezogen. Solche Meßbauwerke dienen primär dem Zweck, an einem Querschnitt des Gewässers eine eindeutige, zeitlich konstante Beziehung zwischen Wasserstand und Abfluß herzustellen, so daß aus einer einfachen Wasserstandsmessung der jeweilige Abfluß ermittelt werden kann.

Die Erfüllung dieser Forderung ist, wie im folgenden gezeigt wird, stets mit einer gewissen Verbauung des Fließquerschnitts verbunden, welche zwangsläufig einen Aufstau- und Rückstauereffekt oberhalb des Bauwerks mit sich bringt. In Bild 1 ist der Verlauf der Wasserstands-Abflußkurve an einem Gewässerquerschnitt ohne und mit Meßbauwerk dargestellt. Insbesondere im Bereich niedriger Abflüsse zeigen einfache Pegel häufig eine erhebliche Streuung der Meßwerte, die sich hydraulisch leicht erklären läßt (Ungleichförmigkeit der Strömung im Meßquerschnitt, Änderung der Sohlenrauheit durch Bewuchs, etc.). Demgegenüber lassen sich durch den Einsatz eines Meßbauwerks gerade im Niedrigwasserbereich eindeutige hydraulische Bedingungen schaffen.

Meßbauwerke in Fließgewässern müssen einer Vielzahl von Anforderungen gerecht werden. Den hydraulischen Anforderungen für den Meßbereich steht die Forderung nach Begrenzung der

Aufstaueffekte im Hochwasserfall gegenüber. Aus landschaftsgestalterischen Erwägungen sollten sich Meßbauwerke möglichst unauffällig in den Gewässerverlauf einfügen, und auch aus wirtschaftlichen Gründen sind möglichst einfache, wartungsarme Bauwerke zu bevorzugen. Darüber hinaus müssen die Belange der Ökologie, des Fischereiwesens und des Wassersports berücksichtigt werden und in die Gestaltung des Meßbauwerks mit einbezogen werden.

Ziel dieses Vortrags ist es, die hydraulische Funktion von Meßbauwerken in zusammenfassender und vergleichender Form darzustellen. Die nachfolgenden Ausführungen beschränken sich daher auf die hydromechanische Funktionsweise von Meßbauwerken. Zum weiteren Verständnis muß auf einige elementare Grundbegriffe der Gerinnehydraulik zurückgegriffen werden, deren Definitionen in den Bildern 2 und 3 wiedergegeben sind [1, 2, 3, 4].

In Bild 2 sind die Fließzustände in einem Gerinne (hier wird vereinfacht ein Ausschnitt pro Breitereinheit betrachtet) in Abhängigkeit vom Abfluß  $q$  pro Breitereinheit und von der spezifischen Energiehöhe im betrachteten Querschnitt dargestellt. Für vorgegebene spezifische Energiehöhe  $H_0$  und vorgegebenen spezifischen Abfluß  $q$  sind normalerweise zwei Wasserspiegellagen möglich, die "strömendem Abfluß" bzw. "schießendem Abfluß" zuzuordnen sind, je nachdem ob die Froudezahl größer oder kleiner als Eins ist. Bei gegebenem  $H_0$  stellt sich der Maximalabfluß bei der Grenzwassertiefe  $y_{gr}$  ein, die dadurch charakterisiert ist, daß die Froudezahl den Wert ( $Fr = 1$ ) annimmt.

Die Wasserspiegellagen in einem Gerinne werden vom jeweiligen Engpaßquerschnitt (Kontrollquerschnitt) aufgeprägt. Bei schießendem Abfluß liegt der Kontrollquerschnitt stets oberhalb, bei strömendem Abfluß stets auf der Unterstromseite.

In Bild 3 ist die Abflußgleichung von Manning-Gauckler-Strickler für stationäre, gleichförmige Strömung (Normalabfluß) dargestellt. Die Voraussetzungen für die exakte Gültigkeit dieser Gleichung sind in einem natürlichen Gewässer selten oder nie erfüllt.

## 2. REGELQUERSCHNITTE BEI STRÖMENDEM NORMALABFLUSS

In einem natürlichen Gewässer sind größere Abschnitte mit einer geradlinigen Gerinneachse selten. Flußkrümmungen bewirken Sekundärströmungen, die unter anderem zu Umlagerungen im Fließquerschnitt führen, die örtliche Sohlenrauheit verändern und auch Veränderungen des Fließquerschnitts in Strömungsrichtung nach sich ziehen. Auch ist häufig das Sohlengefälle nicht gleichbleibend; aus diesem Grund wird an Pegelanlagen oft eine Ausbaustrecke vorgesehen, in der der Regelquerschnitt des Gewässers über eine bestimmte Länge definiert ausgebaut wird. Dies bringt zwangsläufig einen Rauheitswechsel gegenüber der natürlichen Flußsohle mit sich. Ein solcher Rauheitswechsel bedingt jedoch in der Ausbaustrecke eine Abweichung von den Bedingungen des Normalabflusses und hat demnach zur Folge, daß in der Ausbaustrecke das Energieliniengefälle nicht dem Sohlengefälle gleichgesetzt werden darf, wie dies in Bild 4 schematisch dargestellt ist. Solche Meßgerinne können deshalb nur dann erfolgversprechend eingesetzt werden, wenn entweder die Ausbaustrecke sehr lang gewählt wird, oder aber der Wasserspiegel an zwei Querschnitten gemessen wird.

In Bild 5 sind die Wasserspiegellagen bei strömendem Abfluß über eine örtliche Anhebung der Gerinnesohle und in einer seitlichen Gerinneeinengung dargestellt. In Ausbaustrecken mit solchen wohl definierten Querschnittsveränderungen ist eine Abflußermittlung aus zwei Wasserspiegellagen möglich: Aus der Wasserspiegeldifferenz zwischen dem Anströmquerschnitt  $y_1$  und dem Einengungsquerschnitt  $y_2$  läßt sich der Abfluß berechnen.

Allerdings können derartige Meßgerinne im allgemeinen deshalb nicht befriedigen, weil sie mehr als eine Wasserstandsmessung erfordern. Es wird deshalb stets erstrebenswert sein, ein Meßbauwerk so auszulegen, daß der Meßquerschnitt an einem hydraulischen Abflußkontrollquerschnitt liegt.

### 3. BAUWERKE MIT ABFLUSSKONTROLLE

Das elementarste Beispiel einer hydraulischen Abflußkontrolle ist ein einfacher Absturz am Ende eines offenen Gerinnes, wie er in Bild 6 dargestellt ist. Bei vorgegebenem Abfluß stellt sich oberhalb der Absturzkante ein Wasserspiegelverlauf und ein Energielinienverlauf ein, der vom "Kontrollquerschnitt" an der Absturzkante aufgeprägt und vorgegeben wird. Es ist leicht einsichtig, daß die Wasserstands-Abflußbeziehung oberhalb der Absturzkante unabhängig ist vom Wasserstand im Unterwasserbecken, in das der Überfallstrahl eintaucht, so lange dieser unterhalb der Gerinnesohle liegt (rückstaufreier Abfluß).

Die Grenze der Rückstaufreiheit an einem Absturz ist dann erreicht, wenn der Unterwasserspiegel etwa die halbe Wassertiefe der Gerinneströmung erreicht hat. Bis dahin bleiben Abfluß und Wasserstand im Gerinne unverändert. Wird der Unterwasserstand weiter angehoben, dann macht sich dies auch über den Absturz hinweg auf die Wasserspiegellagen im Gerinne bemerkbar und äußert sich in einer Reduzierung des Abflusses, wie dies im Bild 6 dargestellt ist. Unter rückgestauten Fließbedingungen ist demnach der Abfluß nicht mehr allein vom Wasserstand oberstrom des Kontrollquerschnitts, sondern auch vom Unterwasserstand abhängig.

Eine Abflußkontrolle kann einerseits durch entsprechende Anhebung der Gerinnesohle und andererseits durch entsprechende seitliche Einengung der Gerinnewandung erzielt werden. Bild 7 gibt einen schematisierten Überblick über die Grundelemente von Kontrollbauwerken. Hierbei werden Anhebungen der Gerinnesohle als Wehre bezeichnet, wobei man unter-

scheidet:

- breitkronige Wehre; die einen horizontal verlaufenden Wehrrücken haben, der breit genug ist, daß sich ein Kontrollbereich mit parallelen Stromlinien unter Grenzabflußbedingungen einstellen kann;
- scharfkantige Wehre, die einen gekrümmten Überfallstrahl erzeugen, der sich auch an der Unterseite von der Wehrschneide ablöst;
- rundkronige Wehre, die mit einer Ausrundung und einem schräg abfallenden Wehrrücken versehen sind, auf dem der Überfallstrahl (schießender Abfluß) geführt wird.

Ganz analog hierzu lassen sich seitliche Querschnittsveränderungen klassifizieren in:

- lange Kontraktionsgerinne, deren Einschnürungsquerschnitt genügend lange parallele Wände aufweist, um parallele Stromlinien unter Grenzabflußbedingungen zu erzeugen;
- scharfkantige Blenden, an denen sich die Strömung strahlförmig ablöst;
- ausgerundete Kontrollgerinne mit entsprechender Führung der Strömung unterhalb des Kontrollquerschnitts.

Diese hydromechanischen Kategorien erlauben eine grobe Klassifizierung von Kontrollbauwerken zur Abflußmessung, wie dies in Bild 7 dargestellt ist. In der Regel stellen Meßbauwerke eine Mischung verschiedener Komponenten dar, die sich nach den spezifischen Gegebenheiten des Meßortes sowie nach der Größenordnung des abzudeckenden Meßbereichs richtet. In grober Näherung kann der jeweilige Einsatzbereich so charakterisiert werden, daß für kleinere Abflüsse scharfkantige Wehre, Blenden und Kontraktionsgerinne zum Einsatz kommen, während für mittlere und größere Abflüsse breitkronige und rundkronige Wehre angewendet werden.

Im folgenden sollen anhand einiger ausgewählter Beispiele aus der Arbeit des Instituts für Wasserbau an der Universität Stuttgart die wesentlichen Merkmale der einzelnen Meßbauwerkstypen kurz angesprochen werden.

#### 4. BREITKRONIGE WEHRE, SOHLENSCHWELLEN

In den Jahren 1979 und 1980 wurden an unserem Institut im Auftrag des Landes Baden-Württemberg systematische Untersuchungen zur hydraulischen Gestaltung von Sohlenschwellen durchgeführt [6]. Bild 8 zeigt einen Querschnitt durch eine Sohlenschwelle, deren typische Form aus hydraulischen Überlegungen und Überlegungen zu den Belangen der Fischerei resultierte. Die erforderliche Sohlenschwellenhöhe ergibt sich aus der Forderung, daß der Abfluß über die Sohlenschwelle bis zum Bemessungsabfluß rückstaufrei erfolgen soll. Für Sohlenschwellen senkrecht zur Flußachse wurden vom Mittelstich ausgehend Querneigungen der Schwelle von 1 : 10 und 1 : 20 untersucht, die in ein trapezförmiges Gerinne mit der Böschungsneigung 1 : 2 eingebaut wurden. Die zur Abflußermittlung erforderlichen Abflußbeiwerte  $c_Q$  für diesen Querschnitt sind ebenfalls in Bild 8 dargestellt. Bei zunehmendem Abfluß steigt die Unterwassertiefe (Normalabflusstiefe des Gewässers), bis schließlich der Abfluß rückgestaut ist. Bild 9 zeigt beispielhaft die Meßergebnisse eines Versuchs, aus denen der Übergang vom vollkommenen zum rückgestauten Überfall bis hin zum Hochwasserfall ohne nennenswerten örtlichen Aufstauereffekt sichtbar wird.

In den umfangreichen systematischen Modellversuchen wurden neben den Belangen der Fischerei auch Belange des Kanusports berücksichtigt. Des weiteren wurden Grundrißanordnung, Effekte von Anlandungen sowie Auskolkungen und Erosionerscheinungen unterhalb des Bauwerks untersucht und ein Vorschlag für die Gestaltung einer Kolksicherungsstrecke unterhalb der Sohlenschwelle erarbeitet [6].

#### 5. SCHARFKANTIGE WEHRE

In Bild 10 ist die Überströmung eines scharfkantigen, belüfteten Wehres dargestellt. Eine ausreichende Belüftung unterhalb des sich von der Wehrschneide ablösenden Überfallstrahles ist eine unabdingbare Voraussetzung für einen stationären

Abflußzustand. Ist die Belüftung nicht vorhanden oder nur unzureichend dimensioniert, dann führt dies zu Abfluß- und Wasserspiegelschwankungen im Bereich des Wehres, die eine vernünftige Messung unmöglich machen.

Für die Abflußermittlung an kleinen Gewässern hat das Land Baden-Württemberg ein Typenmeßwehrprogramm entwickelt, das im Baukastensystem eine Anpassung des jeweils einzusetzenden Wehres an die örtlichen Gegebenheiten und den Meßbereich erlaubt [7, 8]. Die typischen Grundkonfigurationen, die im Stuttgarter Institut hydraulisch untersucht wurden, sind in Bild 11 dargestellt. Es handelt sich hierbei um gegliederte Wehre, jeweils mit einem Feinmeßbereich und einem Grobmeßbereich. Die Versuchsstände, die zur Bestimmung der Wasserstands-Abflußkurve herangezogen wurden, sind in Bild 12 dargestellt. Ein typisches Ergebnis eines solchen Modellversuchs ist in Bild 13 für ein gegliedertes Meßwehr abgebildet. Man erkennt hieraus deutlich, daß das Meßwehr im Feinbereich einerseits und im Grobmeßbereich andererseits unter rückstaufreien Bedingungen zuverlässig funktioniert, daß jedoch am Übergang vom Fein- zum Grobmeßbereich eine "blinde Stelle" existiert, in der eine hinreichend genaue Abflußbestimmung nicht möglich ist.

Bild 14 zeigt einen im Labor entwickelten Geschwemmselabweiser für den Feinmeßbereich, der zu einer wesentlichen Verbesserung der Einsatzbedingungen geführt hat, ohne daß hierdurch die Wasserstands-Abflußbeziehung spürbar verändert würde, wie aus den Meßdaten ersichtlich ist [8].

## 6. RUNDKRONIGE WEHRE

Rundkronige Wehre finden im Flußbau als Staubauwerke häufige Anwendung. Als Meßbauwerke weisen sie gegenüber breitkronigen oder scharfkantigen Wehren einige Nachteile auf. Andererseits bietet es sich häufig an, bereits existierende Bauwerke mit zur Abflußermittlung heranzuziehen. Allerdings muß die Wasserstands-Abflußbeziehung für rundkronige Wehre vor

Ort aufgestellt werden, da die jeweiligen Abflußbeiwerte erhebliche Änderungen zeigen mit der Form der Wehrkrone, dem Effekt von Wehrpfeilern oder dem jeweiligen Durchfluß.

#### 7. KONTRAKTIONSGERINNE

Meßgerinne mit seitlichen Einschnürungen, sowohl mit durchgehender Sohle als auch mit entsprechenden Anhebungen der Sohle, gibt es in vielerlei Formen und Ausführungen. Bild 15 zeigt einige typische Geometrien solcher Gerinne. Kontraktionsgerinne existieren unter einer Vielzahl unterschiedlicher Bezeichnungen; am häufigsten ist die Bezeichnung Venturi-Gerinne in Anlehnung an die von Venturi vorgeschlagene Kontraktion mit allmählicher Querschnittserweiterung in einem kreisrunden Rohr. Solche Kontraktionsgerinne finden in kleinen Vorflutern und insbesondere in der Abwassertechnik weitverbreitete Anwendung [9]. Unter rückstaufreien Abflußbedingungen liefern sie in der Regel eine wohl definierte Wasserstands-Abflußkurve. Ein Beispiel einer im Labor sehr exakt ermittelten Abflußkurve ist in Bild 16 gegeben [10]. Die mit großer Präzision ausgeführte Laborkalibrierung zeigte, daß die Abflußkurve mit einer Genauigkeit von  $\pm 0,5\%$  vom Endwert ermittelt werden kann. Gleichzeitig ergab sich eindeutig, daß der Abflußbeiwert  $c_Q$  für eine gegebene Geometrie nicht einen konstanten Zahlenwert aufweist, sondern sich mit der Wassertiefe (bzw. dem Verhältnis von Wassertiefe zu Querschnittsbreite) verändert.

#### 8. KALIBRIERUNG VON MESSBAUWERKEN

Abschließend sei auf die Problematik der Aufstellung der Wasserstands-Abflußbeziehung für Meßbauwerke hingewiesen. Diese muß in der Regel vor Ort durch geeignete Vergleichsmessungen vorgenommen werden, die wiederum ihre eigenen Probleme in sich bergen (hierzu sei auf den diesbezüglichen Vortrag von Herrn Dipl.-Ing. Daucher verwiesen). Insbesondere für Meßbauwerke großer Abmessungen stellen solche Naturmessungen jedoch oft die einzige Kalibrierungsmöglichkeit



dar. Für kleinere Bauwerke kann alternativ die Abflußkurve im hydraulischen Labor ermittelt werden, wo sehr genaue Vergleichsmessungen möglich sind. In Bild 17 ist ein Versuchsstand zur Kalibrierung von Meßbauwerken dargestellt, wie er im Stuttgarter Institut für Wasserbau zum Einsatz kommt. Die mit Abstand zuverlässigste und genaueste Referenzmessung ist nach wie vor eine Volumen- und Zeitmessung zur Ermittlung des Abflusses. Die hier dargestellte Anlage erlaubt Abflußmessungen bis zu 400 l/s bei einer Meßgenauigkeit von weniger als  $\pm 0,15\%$ . Diese Anlage wird sowohl für Einzelkalibrierung von Meßbauwerken als auch für Typenkalibrierung (jeweils im Maßstab 1 : 1) eingesetzt und kann auch zur exakten Kalibrierung kleinmaßstäblicher Modelle (Ermittlung des Durchflußkoeffizienten) herangezogen werden.

#### 9. SCHLUSSBEMERKUNG

Im vorgegebenen Zeitrahmen konnte hier nur ein ganz grober Abriß über Meßbauwerke gegeben werden. Die an den hier angeschnittenen Themen näher interessierten Lehrgangsteilnehmer seien darauf hingewiesen, daß der DVWK gemeinsam mit dem Institut für Wasserbau an der Universität Stuttgart und in Abstimmung mit der ATV im März 1983 einen Lehrgang mit dem Thema "Abflußmessung in offenen Gerinnen" veranstaltet. In sinnvoller Ergänzung des hier laufenden Lehrgangs widmet sich diese Veranstaltung ausschließlich der hydraulischen und baulichen Gestaltung und Anordnung von Abflußmeßstellen und -bauwerken in natürlichen Gewässern und Kanalsystemen und wendet sich somit an alle, die mit der Planung, dem Bau und dem Betrieb von Abflußmeßstellen befaßt sind oder mit der Überwachung und Auswertung von Abflußmeßdaten betraut sind.

## 10. LITERATURHINWEISE

- [1] H. Rouse, Ed.: "Engineering Hydraulics", John Wiley & Sons, Inc., New York, 1950 und 1964
- [2] F.H. Knapp: "Ausfluß, Überfall und Durchfluß im Wasserbau", Verlag G. Braun, Karlsruhe, 1960
- [3] M.G. Bos, Ed.: "Discharge Measurement Structures", Delft Hydraulics Laboratory publication no.161, 1976
- [4] H. Kobus, Herausgeber: "Wasserbauliches Versuchswesen", DVWK-Mitteilungsheft 39, 1978
- [5] M. Juraschek, M. Topal-Gökceli, B. Westrich: "Hydraulische Untersuchungen zur Auslegung von Meßbauwerken in einem Abwasserleitungssystem", Teilbericht zu: Entwicklung eines Abwassermengenmeßsystems zur Ermittlung der Umlage innerhalb des Zweckverbandes. Bundesministerium für Forschung und Technologie, Forschungsbericht BMFT, FB(O2-WA945), 1982
- [6] P. Müller, H. Kobus: "Hydraulische Entwurfs- und Bemessungskriterien für Sohlschwellen", Die Wasserwirtschaft, Heft 10, 1981
- [7] K. Petrikat et. al.: "Modelluntersuchungen zur Abflussmengenbestimmung mit Typenmeßwehren", Technischer Bericht, Institut für Wasserbau der Universität Stuttgart, 1976 (unveröffentlicht)
- [8] B. Westrich: "Untersuchungen an Typenmeßwehren zur Erfassung kleiner Abflüsse", Technischer Bericht HWV O21, Institut für Wasserbau der Universität Stuttgart, 1980 (unveröffentlicht)

- [9] "Durchflußmessung von Abwasser in offenen Gerinnen und Freispiegelleitungen, Venturi Kanäle", Entwurf DIN 19 559, Teil 2, 1980
- [10] B. Barczewski, M. Juraschek: "Eichung von Venturi-gerinnen", Technischer Bericht HWV 032, Institut für Wasserbau der Universität Stuttgart, 1982 (unveröffentlicht)

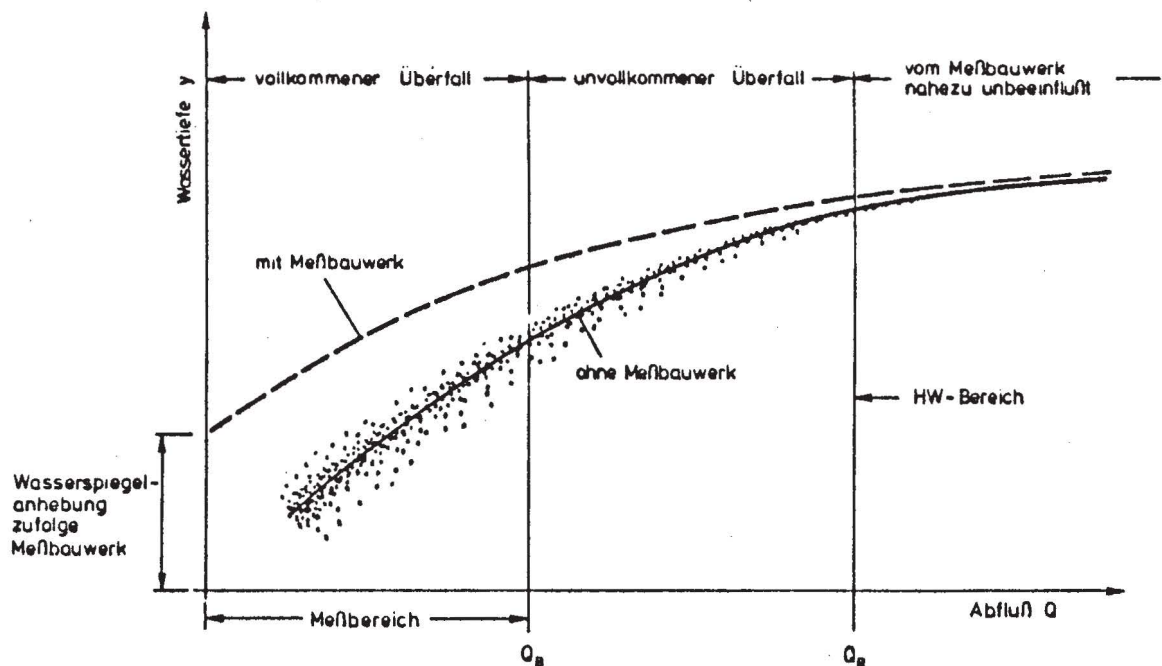
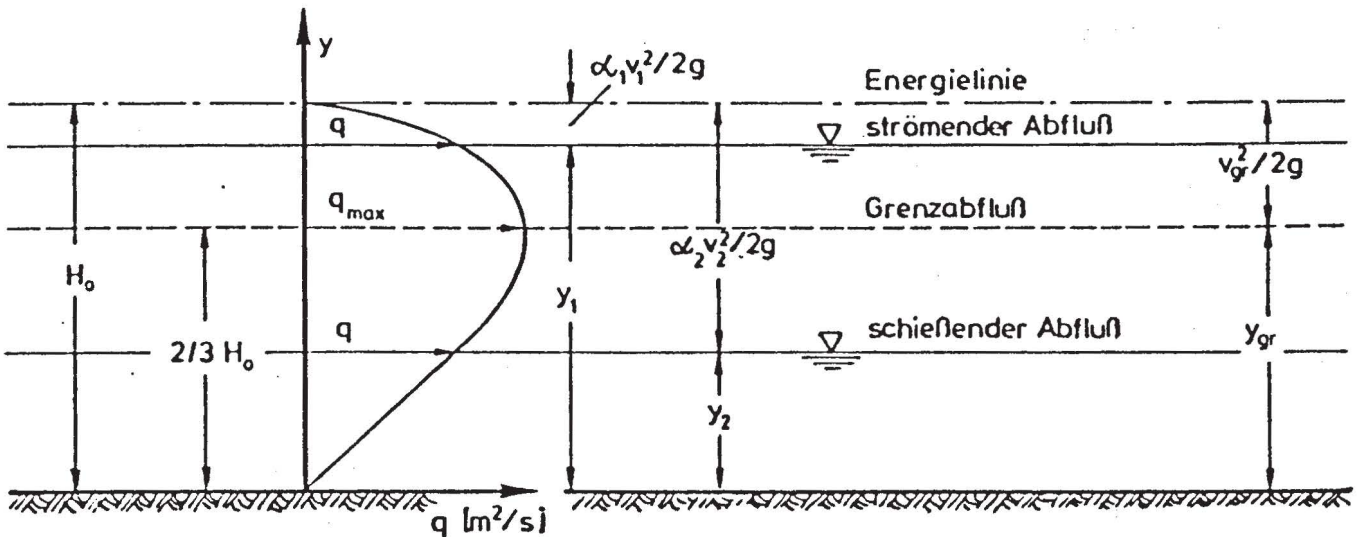


BILD 1: WASSERSTANDS-ABFLUSSBEZIEHUNG [6]

In einem Gerinnequerschnitt (Ausschnitt pro Breitereinheit)  
gilt mit  $q = Q/b_{wsp}$  [ $m^2/s$ ]



SPEZIFISCHE ENERGIEHÖHE

$$H_0 \equiv y + \alpha \frac{v^2}{2g}$$

FROUDEZAHL

$$Fr \equiv \frac{v}{\sqrt{gy}}$$

$Fr < 1$  : Strömender Abfluß

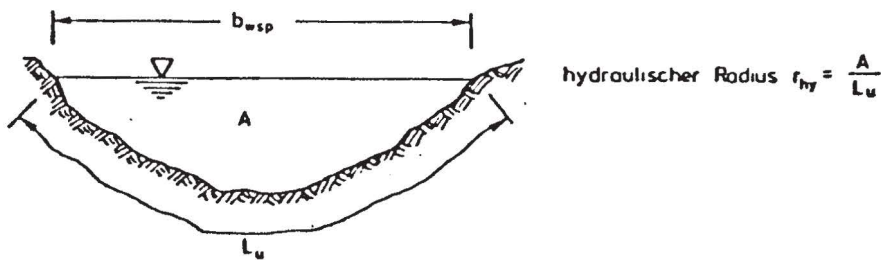
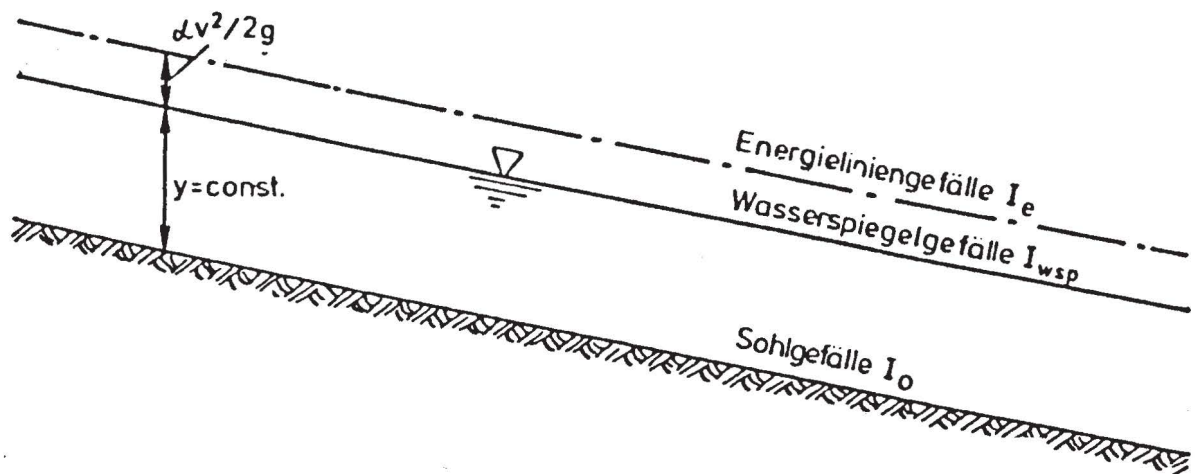
$Fr = 1$  : Grenzabfluß ( $q_{max}$ )

$Fr > 1$  : Schiessender Abfluß

Abflußkontrolle: Bei gegebenem Abfluß stellt sich das minimal erforderliche Energieniveau ein, welches vom Engpassquerschnitt (Kontrollquerschnitt) vorgegeben wird.

Bei strömendem Abfluß wird der Wasserstand stets von unterstrom kontrolliert.

BILD 2: FLIESSZUSTÄNDE UND ABFLUSSKONTROLLE



Stationäre, gleichförmige Strömung:

MANNING-GAUCKLER-STRICKLER:

$$Q_N = k_{st} r_{hy}^{2/3} A I_e^{1/2} \quad (\text{mit } I_e = I_o)$$

Vorraussetzungen:

Durchfluß  $Q = \text{const}$

Sohlgefälle  $I_o = \text{const}$

Sohlenrauheit  $k_{st} = \text{const}$

Querschnitt  $A = \text{const}$

Gerinneachse geradlinig

BILD 3: NORMALABFLUSS

Strömung ungleichförmig:  $I_e \neq I_o$

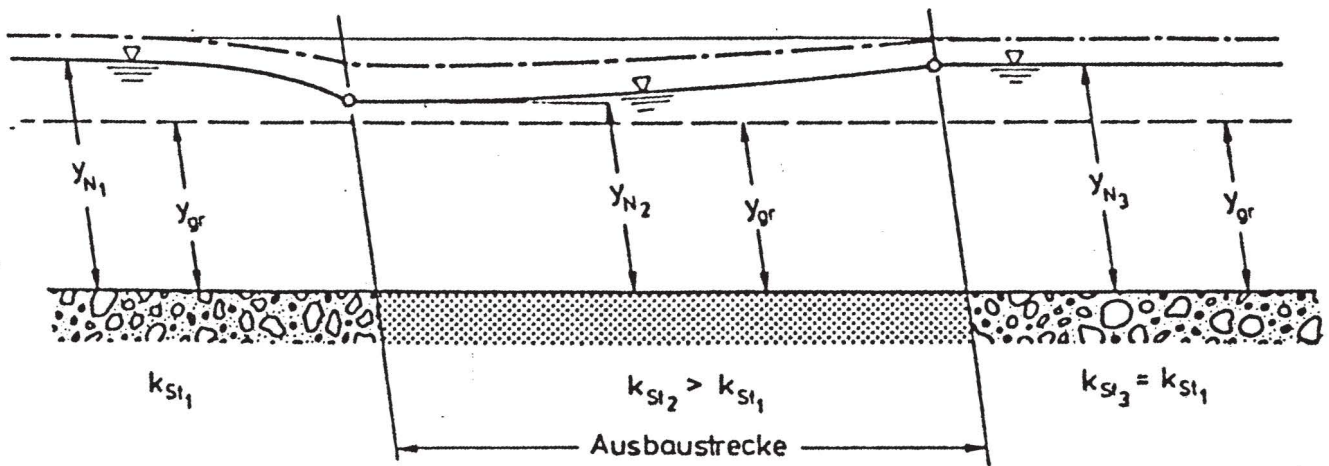


BILD 4: WASSERSPIEGELLAGEN BEI RAUHEITSWECHSEL

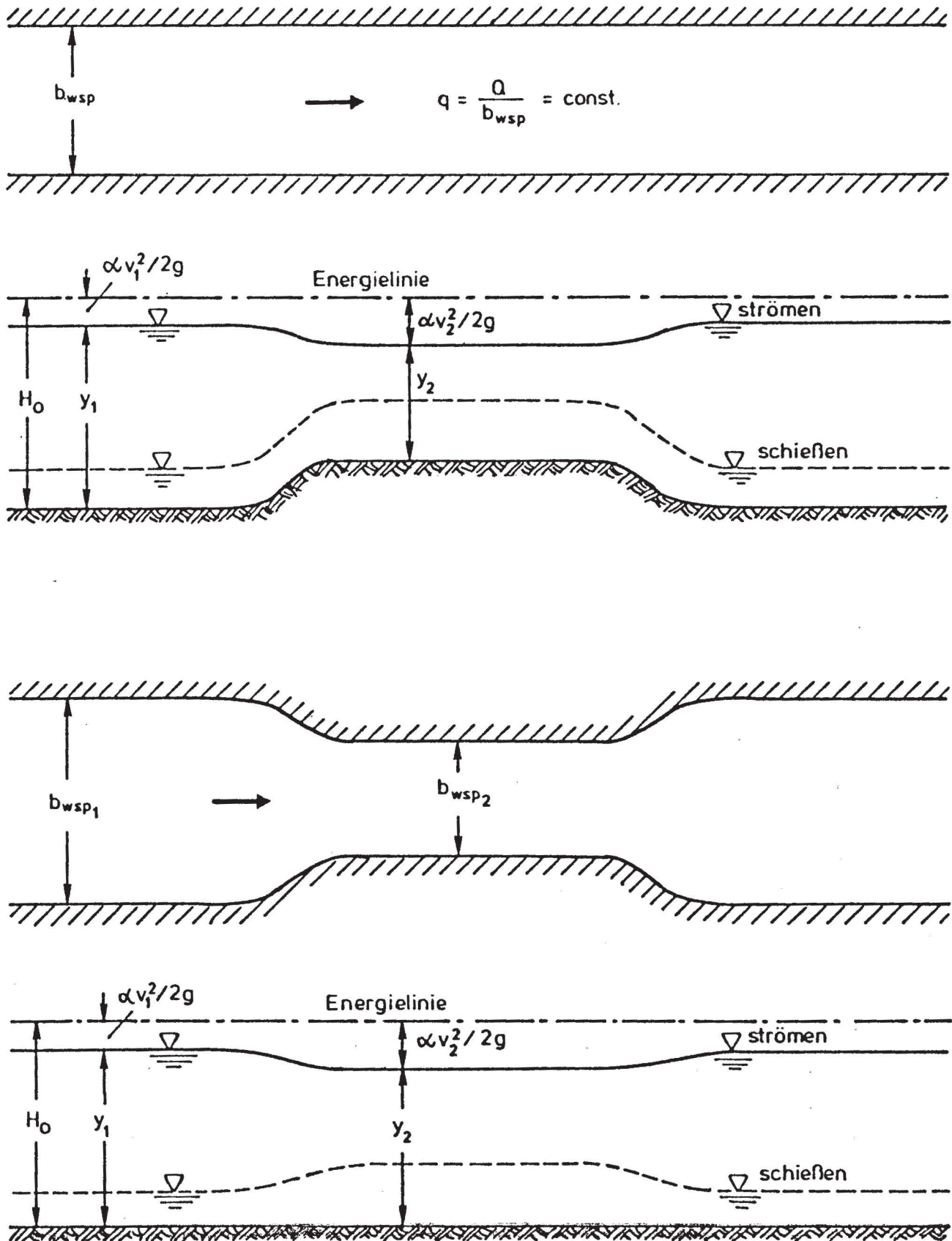
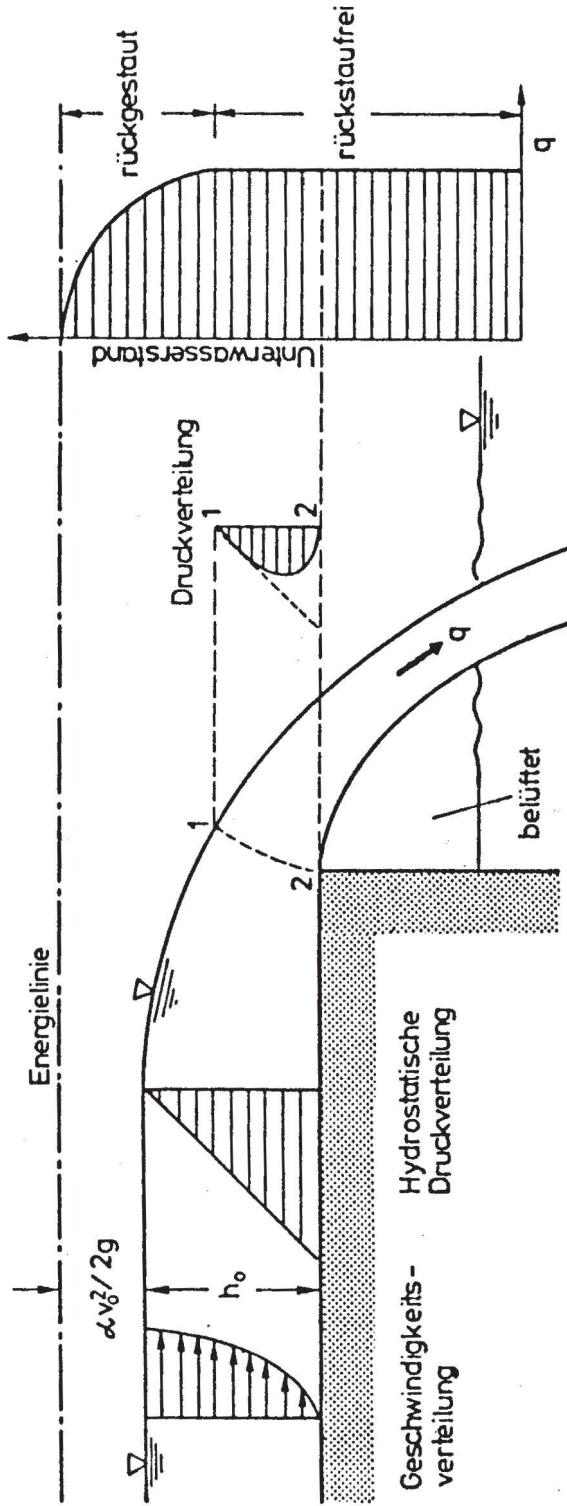


BILD 5: WASSERSPIEGELLAGEN AN QUERSCHNITTSÄNDERUNGEN



ABFLUSSBEZIEHUNG:  $q = \frac{2}{3} c_q \sqrt{2g} \cdot h_0^{3/2} \left[ \left( 1 + \frac{v_0^2}{2gh_0} \right)^{3/2} - \left( \frac{v_0^2}{2gh_0} \right)^{3/2} \right]$

(mit  $c_q = 1,06$ )

BILD 6: ABSTURZ [3]



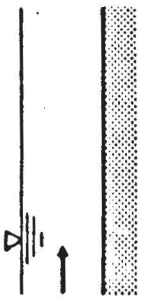
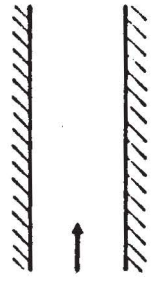
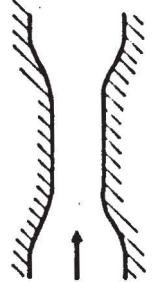
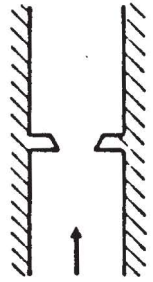
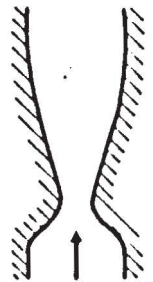
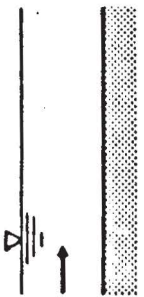
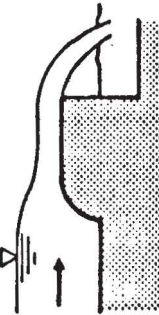
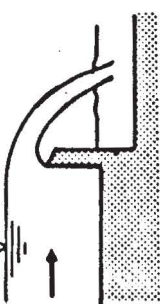

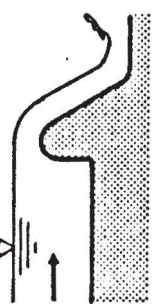
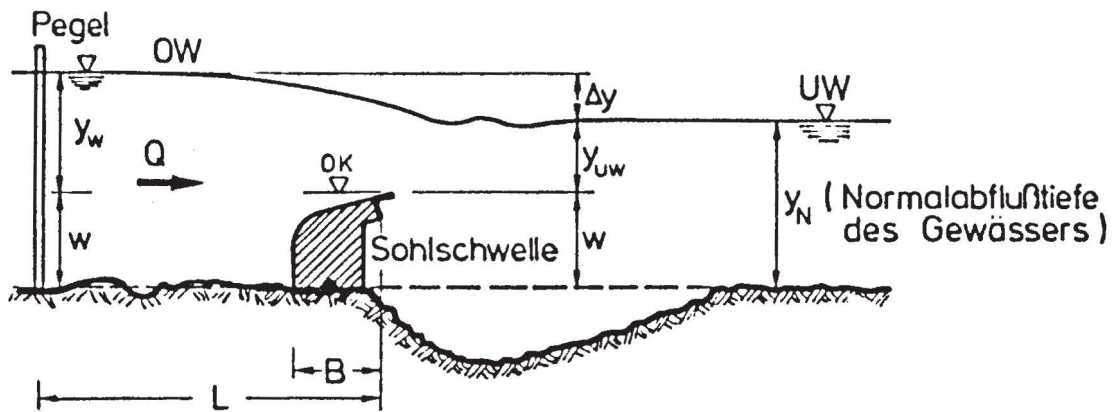
<p>Grundriß</p> <p>Längsschnitt</p>  <p>Durchgehende Sohle</p>	 <p>Konstante Breite</p>	 <p>Langes Kontraktionsgerinne mit konstantem Querschnitt</p>	 <p>Scharfkantige Blende</p>	 <p>Kurze Gerinnekontraktion (Venturi)</p>
 <p>Durchgehende Sohle</p>		<p>Kontraktionsgerinne mit horizontaler Sohle</p>	<p>(Denkbar)</p>	<p>Venturigerinne</p>
 <p>Breitkronig</p>	<p>Sohlschwellen</p>	<p>Kontraktionsgerinne mit Sohlenanhebung</p>	<p>Sohlschwellen</p>	<p>Venturigerinne mit Sohlenanhebung</p>
 <p>Scharfkantig</p>	<p>Melßwehre</p>		 <p>Gegliederte Melßwehre</p>	
 <p>Rundkronig</p>	<p>Typische Flußwehre</p>		<p>(Denkbar)</p>	

BILD 7: KONTROLLBAUWERKE ZUR ABFLUSSMESSUNG



ABFLUSSBEZIEHUNG:

	$y_w \leq s$ $Q = c_0 \frac{8}{15} \sqrt{2g} m_1 y_w^{2.5}$
	$y_w > s$ $Q = c_c \frac{8}{15} \sqrt{2g} [m_1 y_w^{2.5} - (m_1 - m_2) (y_w - s)^{2.5}]$
	$Q = c_0 \frac{2}{3} \sqrt{2g} [b + \frac{4}{5} y_w m_2] y_w^{3/2}$

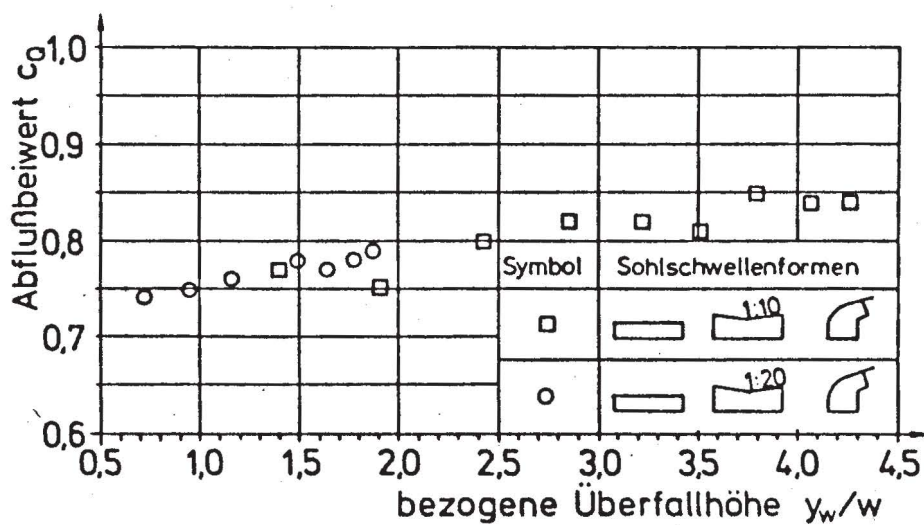


BILD 8: SOHLSCHWELLEN [6]

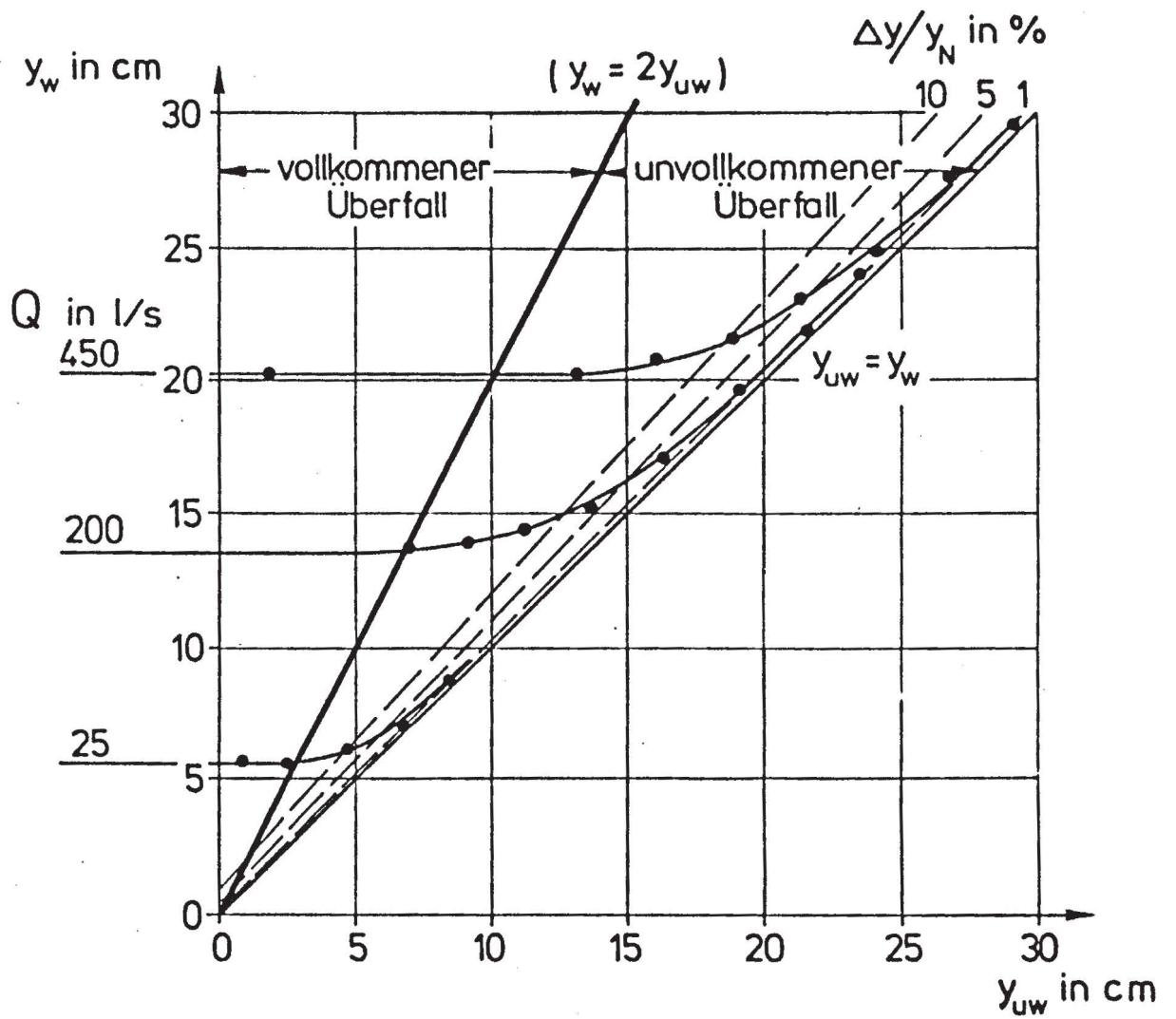
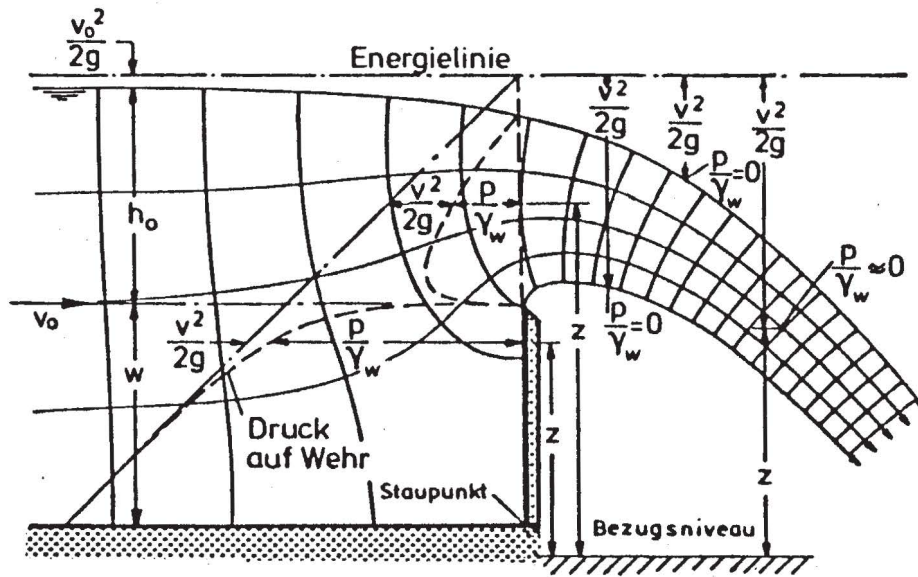


BILD 9: RÜCKSTAUEFFEKTE [6]



$$q = \frac{2}{3} c_q \sqrt{2g} \cdot h_0^{3/2} \left[ \left( 1 + \frac{v_0^2}{2gh_0} \right)^{3/2} - \left( \frac{v_0^2}{2gh_0} \right)^{3/2} \right]$$

Im allgemeinen ist  $(v_0^2/2g \ll h)$ . Damit erhält man:

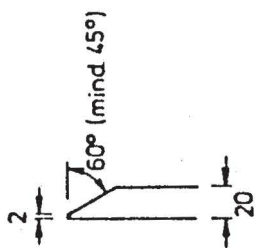
ABFLUSSFORMEL

$$q = \frac{2}{3} c_q \sqrt{2g} \cdot h_0^{3/2} \quad (\text{Poleni})$$

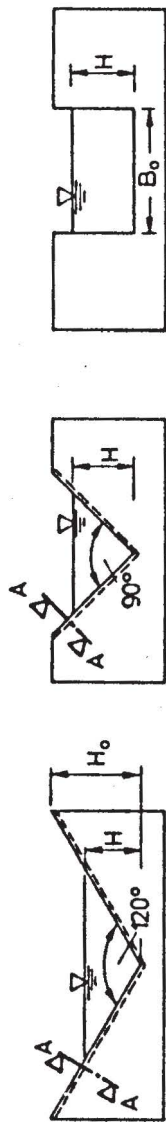
Für  $(h_0/w < 6)$  gilt:  $c_q \approx 0,611 + 0,075 \frac{h_0}{w}$

**BILD 10: SCHARFKANTIGES WEHR**

Schneidenausbildung  
Schnitt A-A Maße in mm



Ausbildung des Feinmeßbereichs



Arten von Typenmesswehren

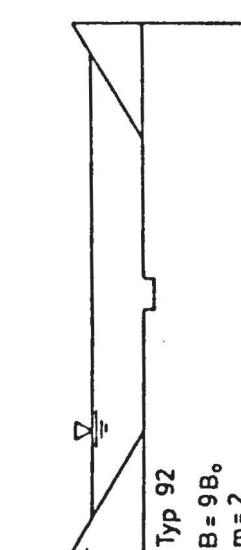
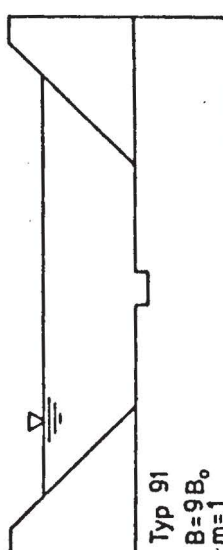
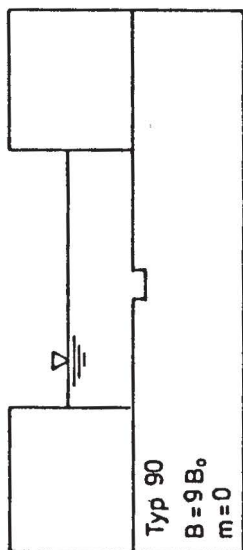
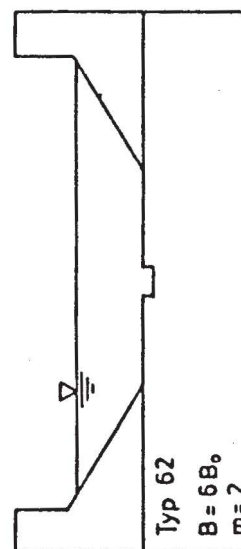
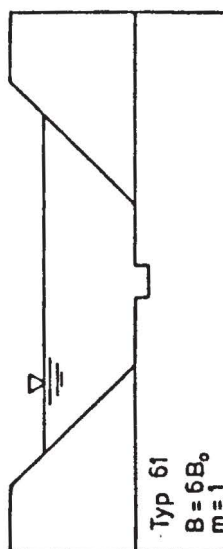
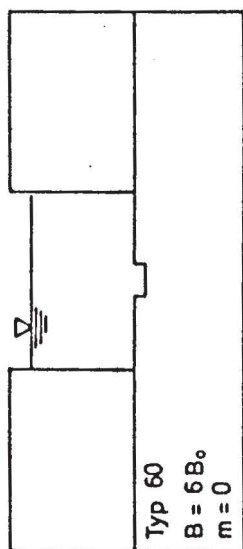
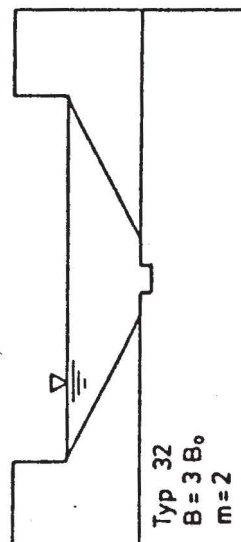
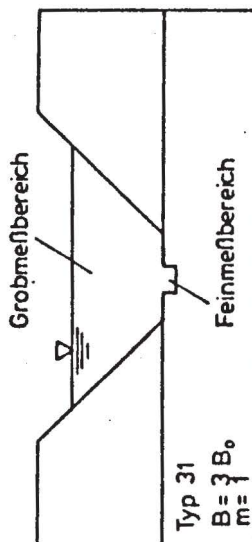
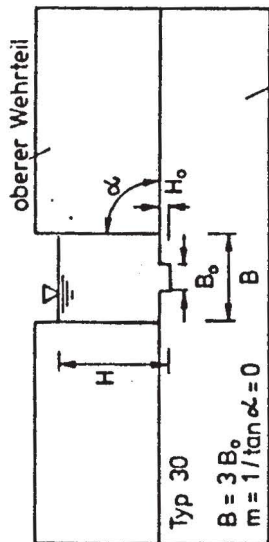
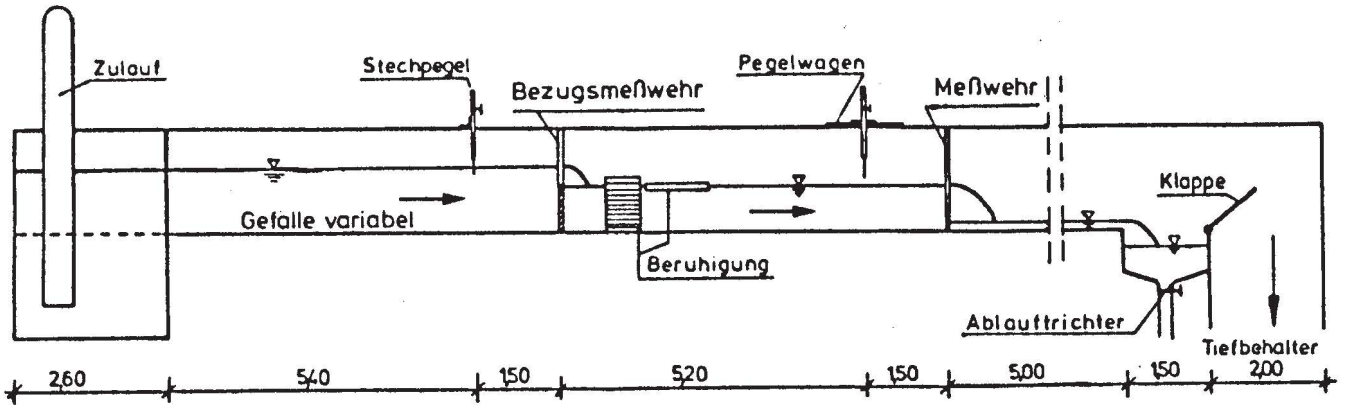
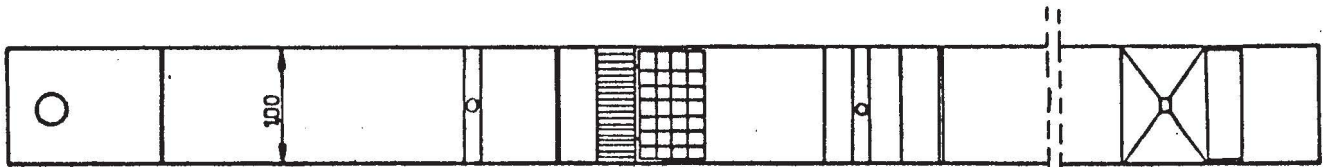
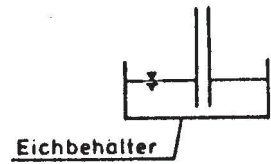


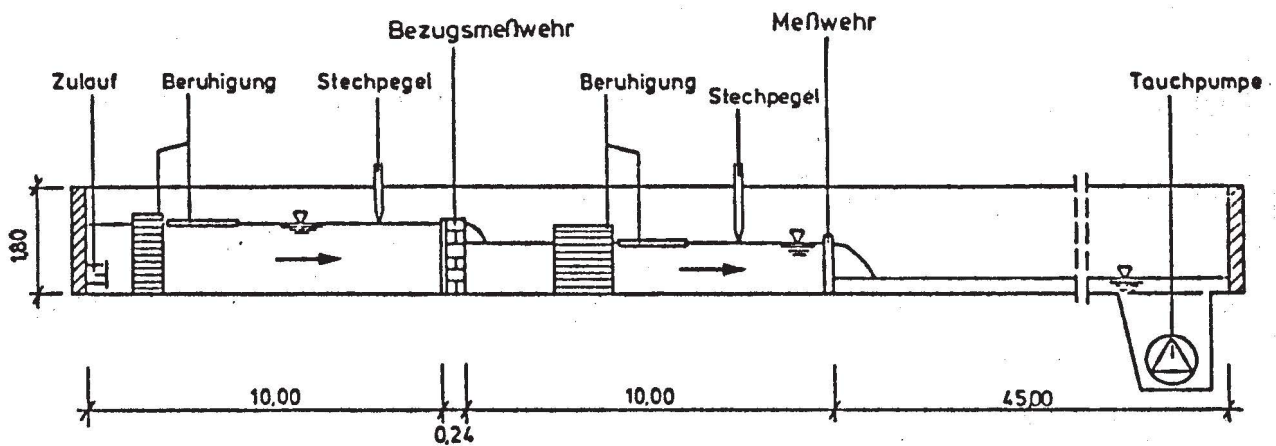
BILD 11: GEGLIEDERTE TYPENMESSWEHRE [7, 8]



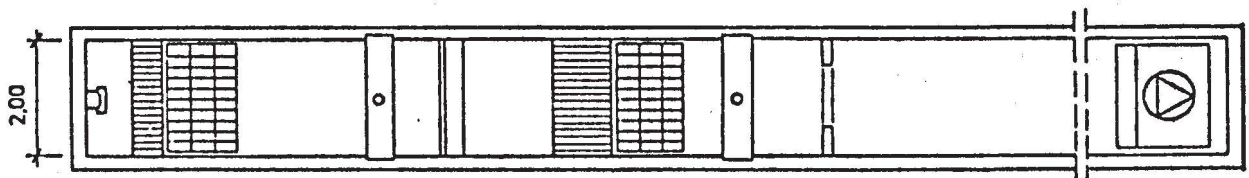
Längsschnitt



Grundriß



Längsschnitt



Grundriß

Maße in m

BILD 12: VERSUCHSSTÄNDE ZUR BESTIMMUNG DER ABFLUSSBEZIEHUNG [8]

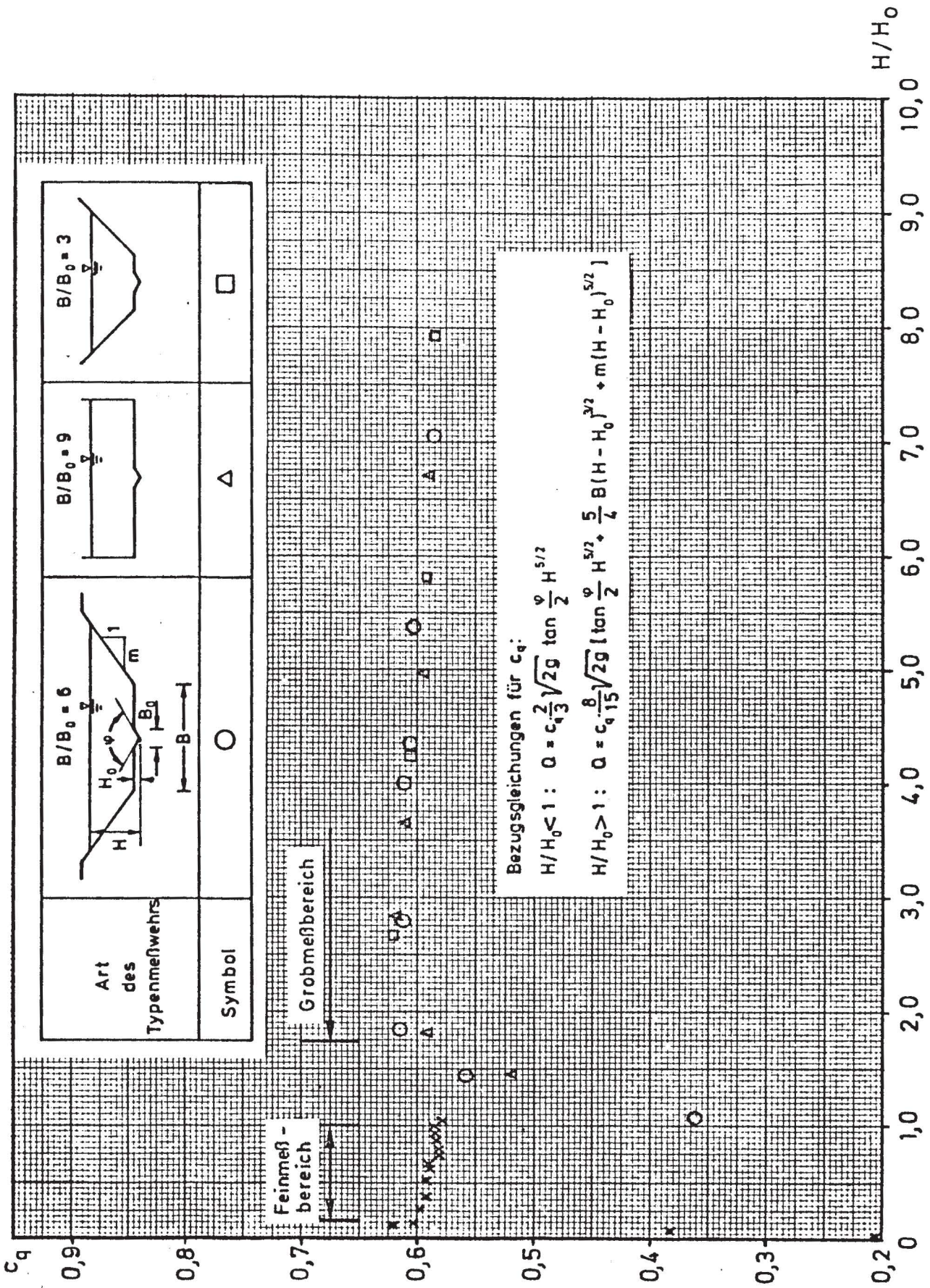


BILD 13: ABFLUSSBEIWERTE FÜR GEGLIEDERTE MESSWEHRE [8]

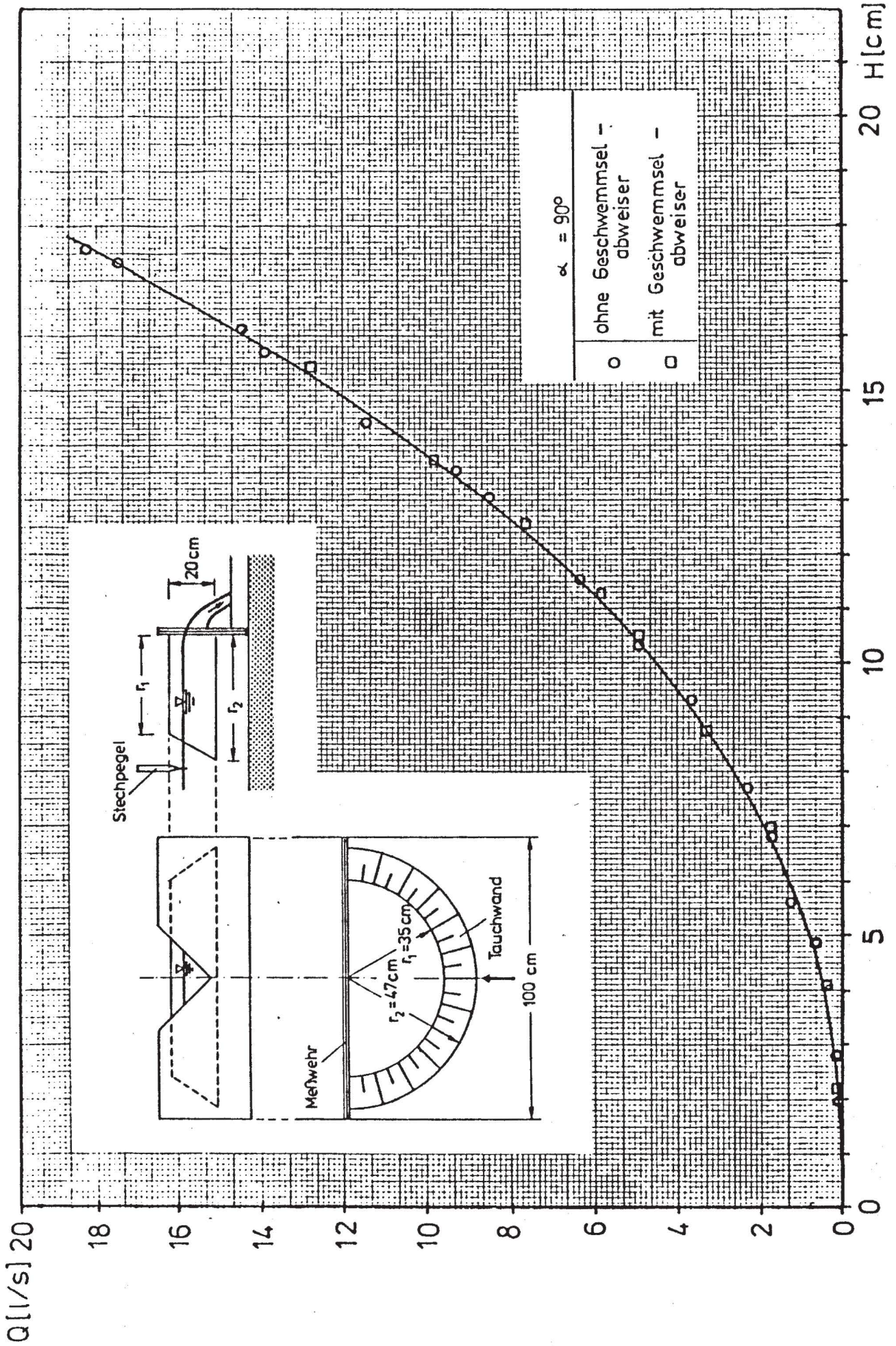


BILD 14: GESCHWEMMSELABWEISER FÜR FEINMESSBEREICH [8]



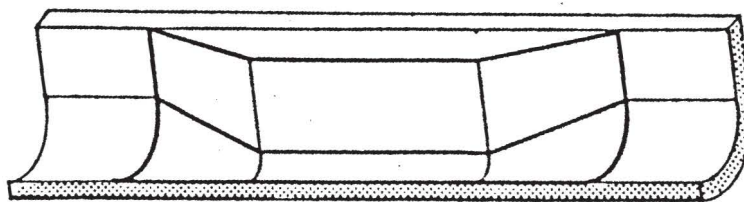
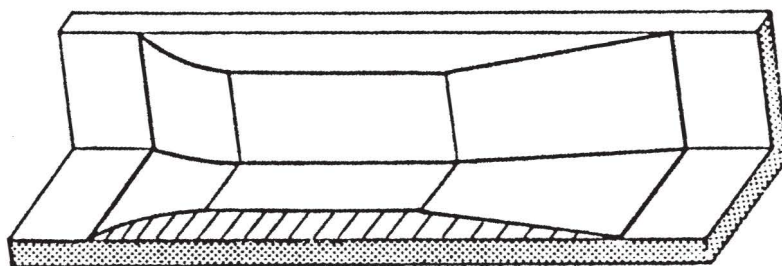
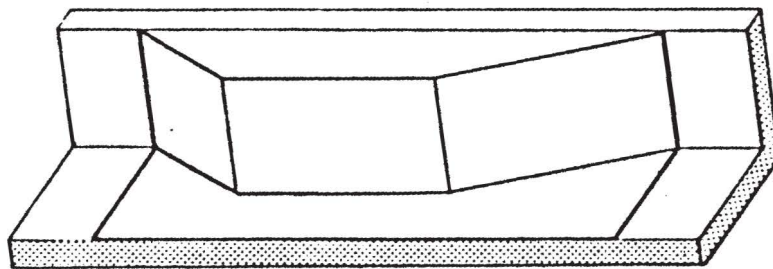
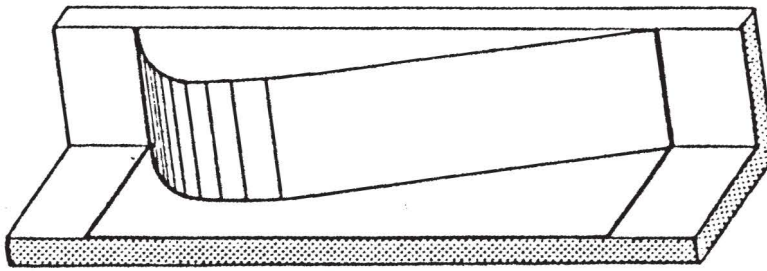
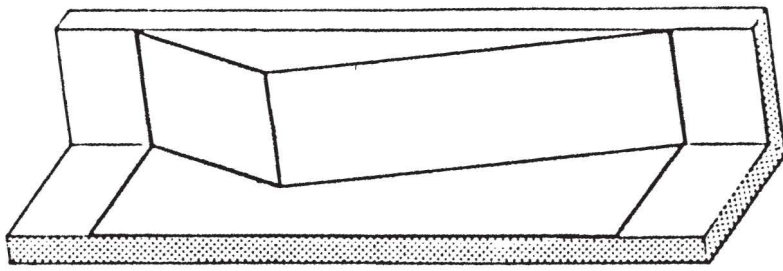


BILD 15: GEOMETRISCHE FORMEN VON KONTRAKTIONSGERINNEN

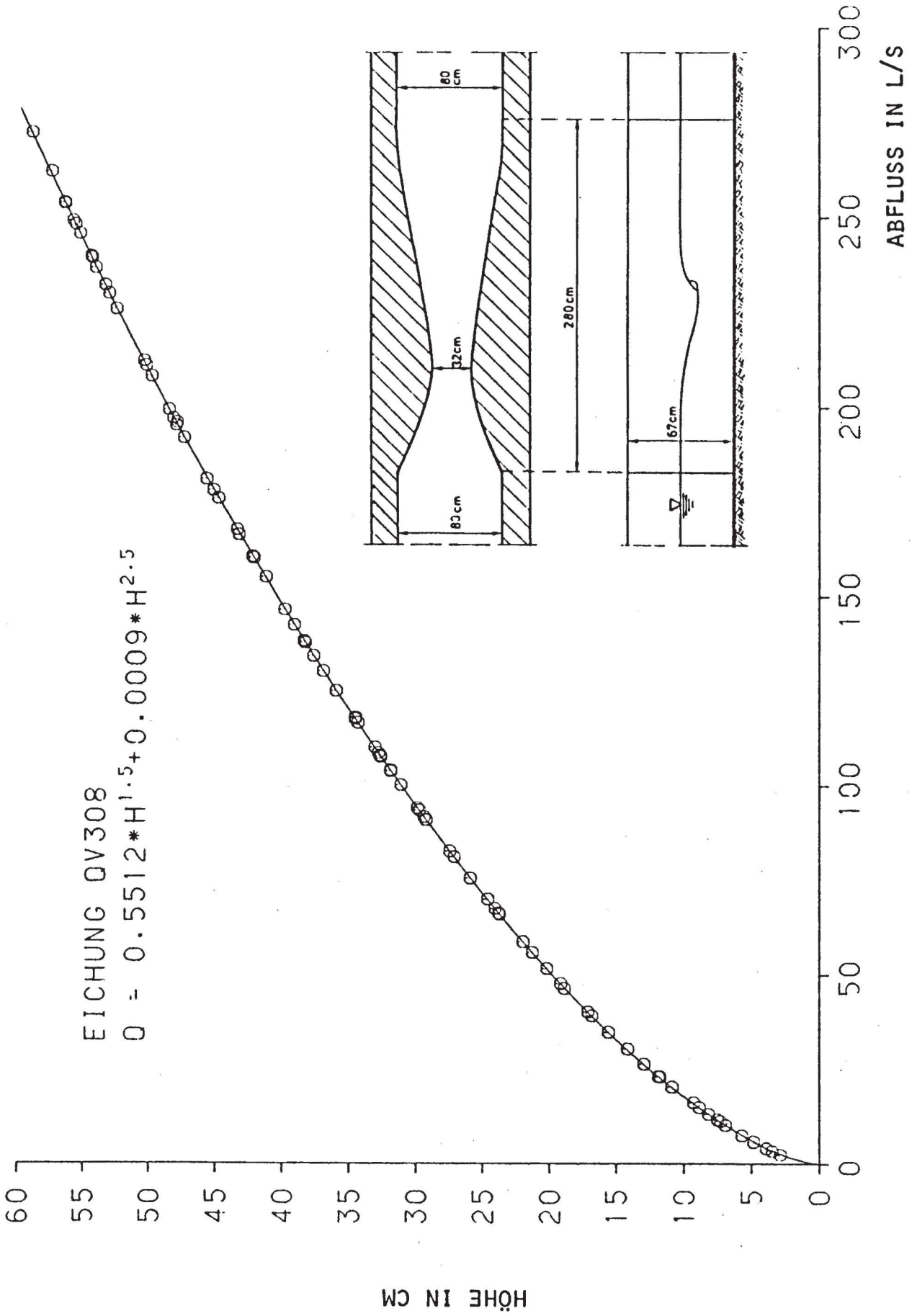


BILD 16: ABFLUSSKURVE FÜR EIN VENTURI-GERINNE - BEISPIEL AUS [10]

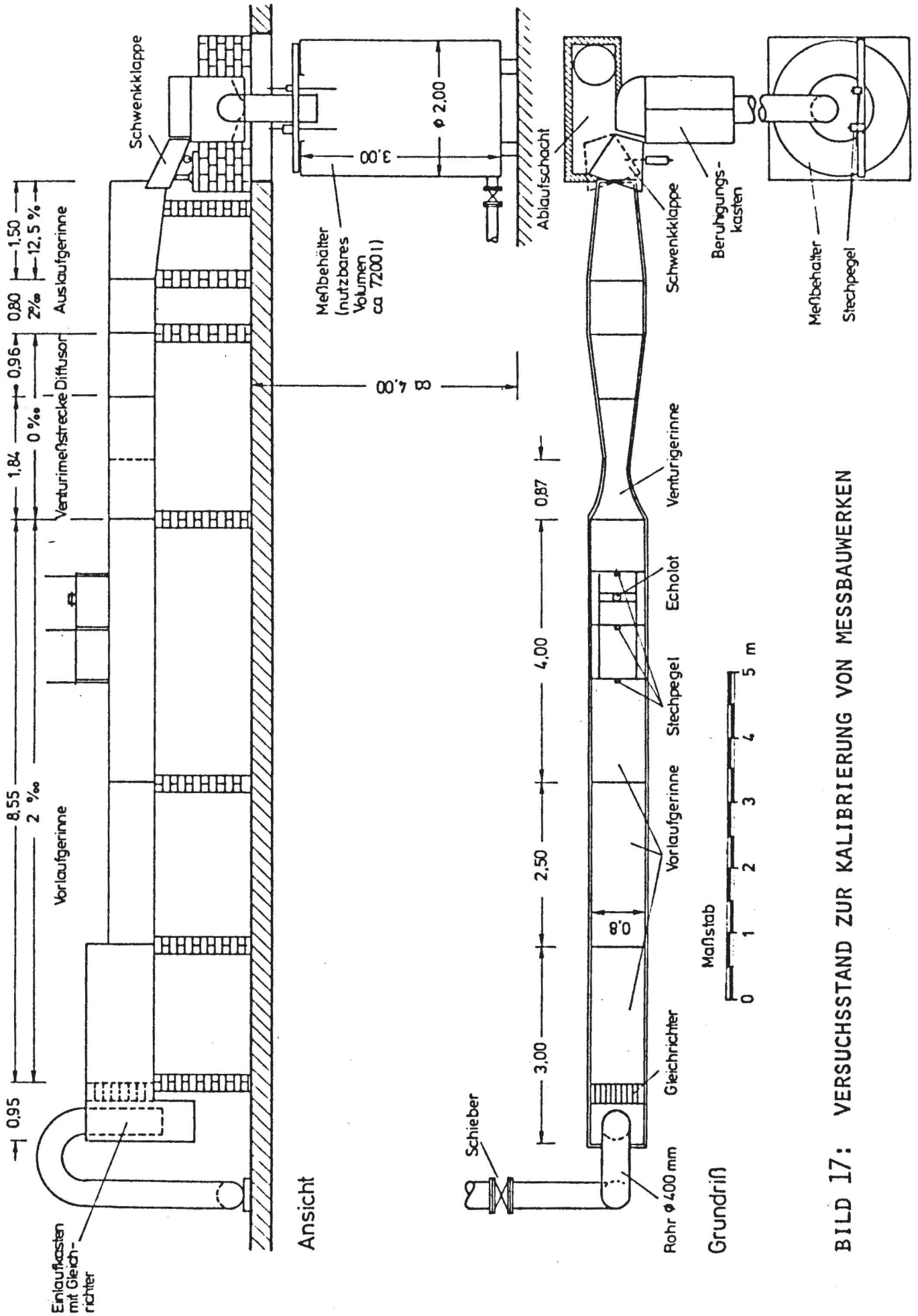


BILD 17: VERSUCHSSTAND ZUR KALIBRIERUNG VON MESSBAUWERKEN