
	Wassermessung Durchfluß- und Volumenmessung Messung mit Venturigerinnen	 26 566/05
		Gruppe 188000

Гидрометрическое измерение; Измерение протока и объема; Измерение с мерным водоводом Вентури

Water Metering; Measurement of Discharge and Volume; Measurement by Venturi Flume

Deskriptoren: **Wassermessung; Durchflußmessung; Venturigerinne**

Umfang 8 Seiten

Verantwortlich/bestätigt: 15. 4. 1987, Ministerium für Umweltschutz und Wasserwirtschaft, Berlin

Verbindlich ab 1. 2. 1988

1. ALLGEMEINE FORDERUNGEN

1.1. Einsatzbereich

Venturigerinne ermöglichen die Ermittlung des Volumenstromes aus einem gemessenen Wasserstand.

Sie können nach TGL 26 566/01 in offenen Gerinnen oder Freispiegelleitungen zur Messung von Volumenströmen der Medien Rph-, Rein- und Abwasser eingebaut werden. Der durchflossene Querschnitt der Venturigerinne ist frei von scharfkantigen Einbauten und beweglichen Teilen, so daß auch feststoffhaltige Wässer abgeführt werden können.

Daher werden vorteilhaft in Abwassergerinnen Venturigerinne mit glatt durchgehender Gerinnesohle eingesetzt.

1.2. Fließverhältnisse

Das Funktionsprinzip des Venturigerinnes beruht auf der Änderung des Fließzustandes vom Strömen im Zulaufgerinne zum Schießen in der Einschnürungsstrecke durch Änderung der Größe des durchflossenen Querschnittes in der Meßstrecke.

Aus dem Wasserstand oberhalb der Einschnürungsstrecke kann der Volumenstrom ermittelt werden.

Voraussetzung ist, daß vom Ablaufgerinne her über den gesamten Meßbereich kein Rückstau eintritt.

Der sich im Zulaufgerinne einstellende Aufstau ist zu beachten.

2. GESTALTUNG

Die Meßstrecke besteht aus

- Beruhigungsstrecke
- Einlaufstrecke
- Einschnürungsstrecke
- Auslaufstrecke.

In den Querschnitten der Meßstrecke muß eine symmetrische Geschwindigkeitsverteilung herrschen.

Der Querschnitt der Meßstrecke wird vorzugsweise als Rechteck oder als Trapez ausgebildet. Innerhalb der Meßstrecke ist ein Wechsel der Querschnittsform nicht zulässig. Die gesamte Meßstrecke muß in einer geraden Achse verlaufen. Im Bereich der Meßstrecke dürfen Gerinnewand und -sohle keine Vor- oder Rücksprünge aufweisen.

In der Beruhigungsstrecke muß über den gesamten Meßbereich stationär gleichförmiger strömender Abfluß herrschen. Einleitung oder Entnahme von Wasser in dieser Strecke sind nicht zulässig.

Ist oberhalb der Meßstrecke schießender Abfluß vorhanden, muß der Übergang zu strömendem Abfluß, z. B. durch Gefällereduzierung oder Querschnittserweiterung mindestens $20 b_1$, siehe Bild 1, oberhalb der Einlaufstrecke erzwungen werden.

In der Einlauf- und in der Einschnürungsstrecke muß die Sohle des Gerinnes waagrecht und in der Beruhigungsstrecke mit konstanter Längsneigung ausgebildet sein. Aus dieser Forderung ausgenommen ist die Einlaufstrecke bei Anordnung einer Sohlschwelle. Allerdings soll die Anordnung einer Sohlschwelle möglichst vermieden werden, da hierbei die Gefahr von Ablagerungen besteht. Die Einlaufstrecke muß tangential an die Einschnürungsstrecke angeschlossen werden und soll eine Länge von mindestens $1,5 (b_1 - b_2)$ haben, siehe Bild 1.

Die wasserbenetzten Flächen der Meßstrecke, insbesondere der Einlauf- und der Einschnürungsstrecke, müssen eine glatte Oberfläche haben. Das gilt auch für Fügstellen im Werkstoff oder in der Schalung bei Ortbetonbauweise.

Richtwerte für die absolute Rauigkeit sind in Tabelle 2 angegeben. Der Wert $k = 0,6$ mm darf nicht überschritten werden.

Zur Länge der Einschnürungsstrecke siehe Abschnitt 3.4.4. Die Gestaltung und die Länge der Auslaufstrecke haben Einfluß auf die erforderliche Größe der Wasserspiegeldifferenz zwischen Ober- und Unterwasser zur Erzeugung des Fließwechsels.

Die geometrische Genauigkeit der Meßstrecke muß mindestens GK 7 nach TGL 12 860/02 entsprechen.

3. BEMESSUNG

3.1. Formelzeichen, Einheiten, Benennung

Formelzeichen Benennung	Einheit
A durchflossener Querschnitt	m ²
b Breite	m
C _d Durchflußbeiwert	-
C ₁ Formbeiwert	-
C _v Geschwindigkeitsbeiwert	-
Fr Froude-Zahl	-
g Erdbeschleunigung	m/s ²
H Energiehöhe $H = h + \frac{v^2}{2g}$	m
h Höhe des Wasserspiegels über der maßgebenden Gerinne- sohle	m
I _s Sohlgefälle	-
k absolute Rauigkeit	mm
l Länge	m
m Reziprokwert der Wandneigung im Querschnitt, Höhe:Breite = 1:m	-
p Höhe der Sohlschwelle	m
r Radius	m
v Fließgeschwindigkeit $v = \frac{V}{A}$	m/s
V Volumenstrom, Durchfluß	m ³ /s
y Hilfsgröße zur Bestimmung der Differenz der Energiehöhen	-
η Hilfsgröße zur Bemessung des Trapezgerinnes	-

Indizes

- 1 Wert im Zulaufgerinne
- 2 Wert im Einschnürungsbereich
- 3 Wert im Ablaufgerinne
- a Wert im Auslaufbereich
- b Wert im Einlaufbereich
- sp Wert bezogen auf Wasserspiegel

3.2. Rechteckgerinne

Die Durchflußgleichung zur Ermittlung der Wasserstands-Volumenstrom-Beziehung lautet

$$\dot{V} = \left(\frac{2}{3}\right)^{3/2} \cdot g^{1/2} \cdot C_d \cdot C_v \cdot b_2 \cdot h_1^{3/2}$$

Wird mit $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ und den Einheiten Meter und Sekunde gerechnet, gilt die Formel

$$\dot{V} = 1,705 \cdot C_d \cdot C_v \cdot b_2 \cdot h_1^{3/2}$$

In die Bestimmung des Durchflußbeiwertes C_d und des Geschwindigkeitsbeiwertes C_v zur Berücksichtigung der Zulaufgeschwindigkeit geht die Grenzschichtverdrängungsdicke ein.

Die Grenzschichtverdrängungsdicke ist die durch Reibungseinflüsse bedingte Abdrängung der Potentialströmung von der Gerinnewand. Bei Erfüllung der im Abschnitt 2. aufgeführten Forderungen können vereinfachende Annahmen getroffen werden.

Damit gilt für den Durchflußbeiwert

$$C_d = \left(1 - 0,006 \frac{l_2}{b_2}\right) \left(1 - 0,003 \frac{l_2}{h_1}\right)^{3/2}$$

Der Geschwindigkeitsbeiwert C_v wird mit Hilfe des Wertes

$$C_1 \frac{b_2 \cdot h_1}{A_1}$$

aus Bild 3 ermittelt, wobei im Rechteckgerinne

$C_1 = 1,0$ und

$A_1 = b_1 (h_1 + p)$ sind.

Für Übersichtsrechnungen zur Auslegung eines Venturigerinnes kann mit

$$C_d \cdot C_v = 0,97 \text{ bis } 1,00$$

gearbeitet werden.

Als Voraussetzung für einen sicheren Eintritt des Überganges vom Strömen zum Schießen in der Meßstrecke muß für den gesamten Meßbereich die Bedingung

$$H_1 \geq 1,25 \cdot H_3 \text{ bei } l_a \geq 3 (b_1 - b_2) \text{ und}$$

$H_1 \geq 1,33 \cdot H_3$ bei auf die Hälfte verkürztem Auslaufbereich eingehalten werden.

3.3. Trapezgerinne

Die Durchflußgleichung zur Ermittlung der Wasserstands-Volumenstrom-Beziehung lautet

$$\dot{V} = \left(\frac{2}{3}\right)^{3/2} \cdot g^{1/2} \cdot C_d \cdot C_1 \cdot C_v \cdot b_2 \cdot h_1^{3/2}$$

Wird mit $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ und den Einheiten Meter und Sekunde gerechnet, gilt die Form

$$\dot{V} = 1,705 \cdot C_d \cdot C_1 \cdot C_v \cdot b_2 \cdot h_1^{3/2}$$

Legt man die gleichen Annahmen zu Grunde wie im Abschnitt 3.2., dann können die Beiwerte C_d , C_1 und C_v auf vereinfachtem Wege ermittelt werden.

Für den Durchflußbeiwert C_d gilt danach

$$C_d = \left(1 - 0,006 \eta \frac{l_2}{b_2}\right) \left(1 - 0,003 \frac{l_2}{h_1}\right)^{3/2}$$

mit

$$\eta = (1 + m^2)^{1/2} - m_2$$

Der Formbeiwert C_v wird mit Hilfe des Wertes

$$C_v^{2/3} \frac{m_2 \cdot h_1}{b_2}$$

aus Bild 4 ermittelt.

In erster Näherung ist $C_v = 1,0$ einzusetzen.

Der Geschwindigkeitsbeiwert C_v wird mit Hilfe des Wertes

$$C_v \frac{b_2 \cdot h_1}{A_1}$$

aus Bild 3 ermittelt,

wobei

$$A_1 = [b_1 + m_1 (h_1 + p)] (h_1 + p)$$

ist.

Mit dem so bestimmten Beiwert C_v sind durch Wiederholungen der Ermittlung die Beiwerte C_1 und C_v iterativ zu verbessern.

Als Voraussetzung für einen sicheren Eintritt des Überganges vom Strömen zum Schießen in der Meßstrecke muß für den gesamten Meßbereich die Bedingung

$$H_1 \geq y \cdot H_3$$

eingehalten werden.

Die Hilfsgröße y ist abhängig vom Winkel der Verziehung der Gerinnwand in der unverkürzten Auslaufstrecke und wird nach Tabelle 1 bestimmt.

Tabelle 1

$\frac{2 l_a}{b_3 - b_2}$	20	10	6	3
y	1,10	1,20	1,25	1,35

3.4. Anwendungsgrenzen

3.4.1. Wasserstands-Meßbereich

$$h_1 \geq 0,05 \text{ m}$$

$$h_1 \geq 0,05 l_2$$

$$h_1 \leq 2,00 \text{ m}$$

3.4.2. Einschnürungsverhältnis

Das Einschnürungsverhältnis ist das Verhältnis der durchflossenen Querschnitte im Zulaufgerinne und in der Einschnürungsstrecke.

Es soll so gewählt werden, daß

$$Fr_1 = \frac{v_1}{\left(\frac{g \cdot A_1}{b_{sp1}}\right)^{1/2}} \leq 0,5 \text{ ist.}$$

In Sonderfällen für $0,6 > Fr_1 > 0,5$ gilt eine um 2% erhöhte Meßunsicherheit.

Für Rechteckgerinne wird obige Bedingung erfüllt, wenn

$$\frac{b_2 \cdot h_1}{b_1 (h_1 + p)} \leq 0,7 \text{ ist.}$$

3.4.3. Breite in der Einschnürungsstrecke

$$b_2 \geq 0,10 \text{ m}$$

$$b_2 \geq \frac{h_1}{3} \quad (\text{gilt nur für Rechteckgerinne})$$

3.4.4. Länge der Einschnürungsstrecke

$$l_2 \geq 2 h_{1\text{max}}$$

In Sonderfällen mit $2 h_1 > l_2 \geq 1,5 h_1$ gilt eine um 2% erhöhte Meßunsicherheit.

3.4.5. Wandneigung bei Trapezgerinnen

Die Wandneigung bei Trapezgerinnen muß so gewählt werden, daß für jede beliebige Gerinnhöhe die Gerinnbreite in der Einschnürungsstrecke kleiner ist als im Zulaufgerinne.

3.4.6. Fließverhältnisse im Ablaufgerinne

Vom Ablaufgerinne her darf über den gesamten Meßbereich kein Rückstau auf die Meßstrecke eintreten. Die in den Abschnitten 3.2. und 3.3. aufgeführten Bedingungen für das Verhältnis $H_1 : H_3$ müssen erfüllt werden. Dabei sind auch durch nachfolgende Anlagenteile bedingte Einflüsse, wie Schaltspiele in einem Pumpwerk, Hochwasserführung in einem Vorfluter, Einleitungen ins Ablaufgerinne, zu beachten.

3.5. Meßunsicherheit der Volumenstromermittlung

Die Gesamtmeßunsicherheit hängt ab von

- der Qualität der Bauausführung und der Oberflächen der Meßstrecke,
- der Unsicherheit der Gleichung für den Durchflußbeiwert,
- der Unsicherheit des Geschwindigkeitsbeiwertes,
- der Einhaltung der Einbaubedingungen,
- der Unsicherheit der Nullpunkteinstellung,
- der Unsicherheit bei der Vermessung der Form der Meßstrecke,
- der Genauigkeit der Pegelmeßeinrichtung.

Meßunsicherheiten der Volumenstromermittlung nach TGL 26566/01.

4. MESSEINRICHTUNG

4.1. Allgemeine Angaben

Als Meßeinrichtung sind alle Einrichtungen zur Bestimmung des Wasserstandes geeignet.

Dabei ist zu berücksichtigen, daß sich auch bei konstantem Volumenstrom keine glatte Wasseroberfläche einstellt. Im praktischen Betrieb können Schwankungen bis $\pm 5 \text{ mm}$ auftreten.

Der Meßfühler der Meßeinrichtung muß so gestaltet und eingeordnet werden, daß die Strömungsverhältnisse – symmetrische Geschwindigkeitsverteilung – nicht gestört werden. Er soll unempfindlich gegenüber vom Wasser mitgeführten Schwimm-, Schweb- und Sinkstoffen, mechanisch robust, wenig wartungsaufwendig und funktionsicher, auch bei extremen Witterungsbedingungen, sein. Die Anordnung der Meßfühler innerhalb der Meßstrecke erfolgt im Wasserstands-Meßquerschnitt entsprechend Bild 1.

Übliche Meßeinrichtungen sind in den Abschnitten 4.2. bis 4.7. aufgeführt.

4.2. Lattenpegel

Zum Ablesen des Wasserstandes ist in jedem Fall und zusätzlich zu anderen Meßeinrichtungen ein Lattenpegel mit cm-Einteilung anzuordnen. Er wird so angebracht, daß der Wasserstand gut abgelesen werden kann.

4.3. Schwimmerpegel

Die Messung des Wasserstandes erfolgt vorzugsweise in einem Meßschacht, der mit dem Zulaufgerinne durch ein Rohr verbunden ist, dessen Öffnung senkrecht zur Strömungsrichtung und mit der Seitenwand bündig verläuft. Der Meßschacht ist so tief anzuordnen, daß er Ablagerungen aufnehmen kann, ohne daß der Schwimmerpegel

Grundberührung erhält. Eine Möglichkeit zur Schlammabsaugung ist vorzusehen. Eine ruhige Wasserspiegel-lage im Meßschacht muß gewährleistet sein.

Die Übertragung zur örtlichen Anzeige erfolgt durch Seil oder Gestänge. Eine Kurvenscheibe formt den gemessenen Wert des Wasserstandes in den Wert des zugehörigen Volumenstromes um.

Die mechanisch ermittelte Meßgröße kann in elektrische Signale umgewandelt und auf größere Entfernungen übertragen werden.

4.4. Echolot

Für die berührungslose Messung des Wasserstandes ist ein Ultraschall-Meßgerät anwendbar. Der Meßfühler wird über der Wasseroberfläche, die frei von Schaum und weitgehend beruhigt sein muß, montiert. Ein Sender strahlt einen Ultraschallimpuls senkrecht zum Wasserspiegel aus. Nach Reflexion am Wasserspiegel erfolgt die Auswertung des Echosignals durch eine dem Ultraschallsensor nachgeschaltete elektronische Schaltung. Diese erzeugt ein wasserstandsproportionales Signal, das entsprechend der Wasserstands-Volumenstrom-Beziehung in den Volumenstromwert umgewandelt wird.

4.5. Druckluftpegel

Beim Druckluftpegel wird über ein Perlrrohr Druckluft an der Meßstelle in das Wasser eingetragen. Dabei entspricht der beim Eintrag zu überwindende Druck dem Wasserstand über der Eintragstelle. Dieser Druck wird mittels Manometer mit elektrischer Meßwertumformung abgenommen und durch eine elektronische Schaltung entsprechend der Wasserstands-Volumenstrom-Beziehung in den Volumenstromwert umgewandelt.

4.6. Druckmeßdose

Die Druckmeßdose wird direkt in der Gerinnesohle, in der Gerinnwand oder in einem Meßschacht, der mit dem Zulaufgerinne durch ein Rohr verbunden ist, untergebracht. Sie dient der Messung des Wasserstandes durch Erfassen der Meßgröße Wasserdruck.

Durch den Druck wird ein elastischer Körper, häufig eine Membran, verformt. Die Größe der Verformung wird mittels einer geeigneten Einrichtung in ein elektrisches Signal umgewandelt. Dieses wird durch eine elektronische Schaltung in den Volumenstromwert umgesetzt.

4.7. Kapazitive Wasserstandsmessung

Beim kapazitiven Meßverfahren wird eine Sonde in das Wasser eingetaucht, deren elektrostatische Kapazität sich in Abhängigkeit vom Wasserstand ändert. Mittels einer elektronischen Schaltung wird die Meßgröße in den Volumenstromwert umgesetzt.

4.8. Fernübertragung der Meßgröße

Für die Meßverfahren nach Abschnitt 4.3. bis 4.7. ist eine Fernübertragung der Meßgröße sowie die Auslösung von Signalen möglich. Das dazu erforderliche Gerät soll in Nähe des Meßwertaufnehmers installiert werden.

5. PRÜFUNG VOR INBETRIEBNAHME

5.1. Geometrische Übereinstimmung

Die Abmessungen der realisierten Meßstrecke sind auf Übereinstimmung mit den vorgegebenen Maßen zu überprüfen und in einem Meßprotokoll zu erfassen.

5.2. Meßeinrichtungen

Die Einrichtungen zur Meßwerterfassung und -umsetzung sind auf Funktionsfähigkeit zu überprüfen, auf Nullpunkt

einzustellen und auf Übereinstimmung zwischen Sollwert und angezeigtem Wert zu überprüfen.

5.3. Rückstaufreiheit

Es ist zu kontrollieren, daß über den gesamten Meßbereich Rückstaufreiheit besteht.

5.4. Vergleichsmessung

Es wird empfohlen, nach einer unabhängigen Methode, wie volumetrische Messung mittels vor- oder nachgeschalteter Gefäße, Meßwehr, Meßflügel eine Messung für verschiedene Werte innerhalb des Meßbereiches durchzuführen und mit den im Venturigerinne ermittelten Werten zu vergleichen. Bei Anwendung eines Meßflügels ist die mittlere Geschwindigkeit im durchflossenen Querschnitt zu bestimmen.

5.5. Auswertung

In Auswertung der nach Abschnitt 5.1. bis 5.4. durchgeführten Prüfungen ist festzulegen, ob

- eine Nachbesserung der Meßstrecke oder der Meßeinrichtung oder
- eine Korrektur der Wasserstand-Volumenstrom-Beziehung

vorgenommen werden muß.

6. INSTANDHALTUNG

Die Meßstrecke ist sauber zu halten. Ablagerungen oder Bewuchs sind unverzüglich zu beseitigen. Die Funktion der Meßeinrichtung ist regelmäßig zu überprüfen. Die Kontrolle des Nullpunktes und der Übereinstimmung des Sollwertes mit dem angezeigten Meßwert soll mindestens einmal im Monat vorgenommen werden.

Die Wartung der Meßeinrichtung hat nach den Anweisungen des Herstellers zu erfolgen.

Tabelle 2 Richtwerte für die Rauigkeit k

Oberfläche	k in mm	
	Nörmalwert	Wert bei guter Ausführung
Plaste mit glatter Oberfläche, z. B. PVC	0,003	-
Plaste in glatten Blechformen geformt, z. B. kunstharzgebundene Glasfaserstoffe	0,06	0,03
Metall, glatt, spanend bearbeitet, poliert	0,006	0,003
Blech, lackiert	0,06	0,03
Blech, verzinkt	0,15	0,06
Holz, gehobelt, Sperrholz	0,6	0,3
Holz, gut geschliffen und lackiert	0,06	0,03
Beton, Sperrholz- oder Formholzschalung	0,6	0,3
Beton, Stahlschalung, Unebenheiten abgearbeitet und/oder ausgefüllt	0,15	0,06
Beton mit dünnem Schlammfilm	1,5*	-

* unzulässig, da > 0,6 mm

Hinweise

Ersatz für TGL 26566/05, Ausgabe 12.74; Änderungen: Inhaltlich und redaktionell vollständig überarbeitet.

Im vorliegenden Standard ist auf folgende Standards Bezug genommen: TGL 12860/02, TGL 26566/01.

Entstanden unter Berücksichtigung von ISO-Standard 4359-1983

Liquid flow measurement in open channels –

Rectangular, trapezoidal and U-shaped flumes

(Durchflußmessung in offenen Gerinnen –

-Meßgerinne mit Rechteck-, Trapez- und U-Querschnitt)

Die Bemessung von Venturigerinnen nach der ausführlichen

Methode unter Berücksichtigung der Grenzschichttheorie und die rechnerische Ermittlung der Meßunsicherheit kann nach ISO-Standard 4359–1983 durchgeführt werden.

Meßstationen für Wasserstand und Durchfluß an Oberflächen-gewässern; Grundsätze für Planung, Projektierung und Bau; Lattenpegelstationen siehe TGL 24352/01.

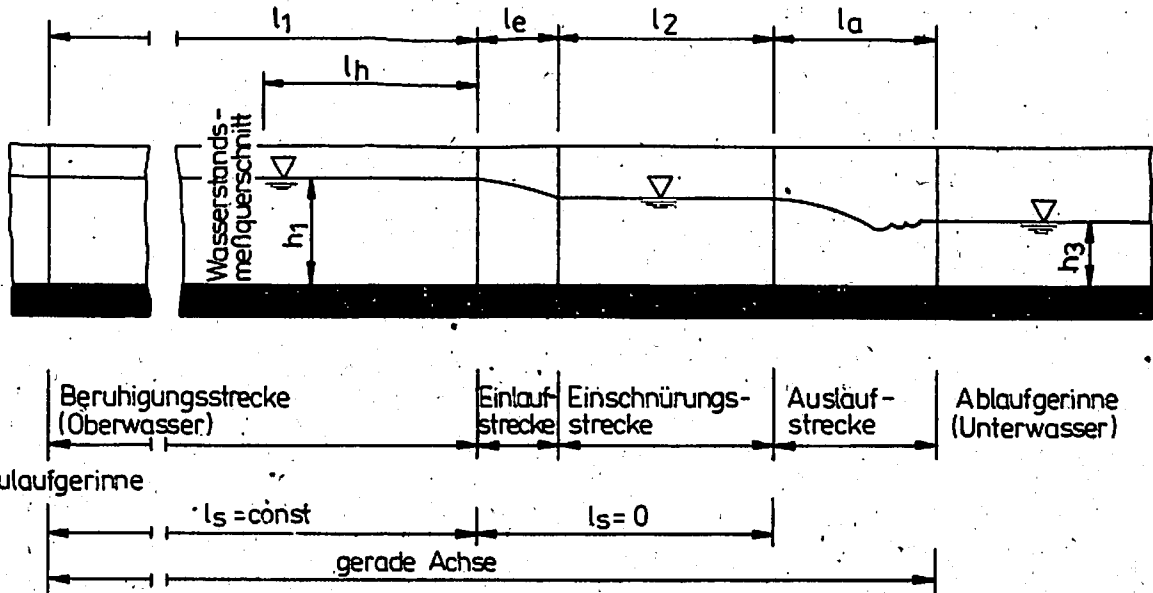
–; –; Schreibpegelstationen nach dem Schwimmerprinzip siehe TGL 24352/02.

Themenbearbeitende Stelle:

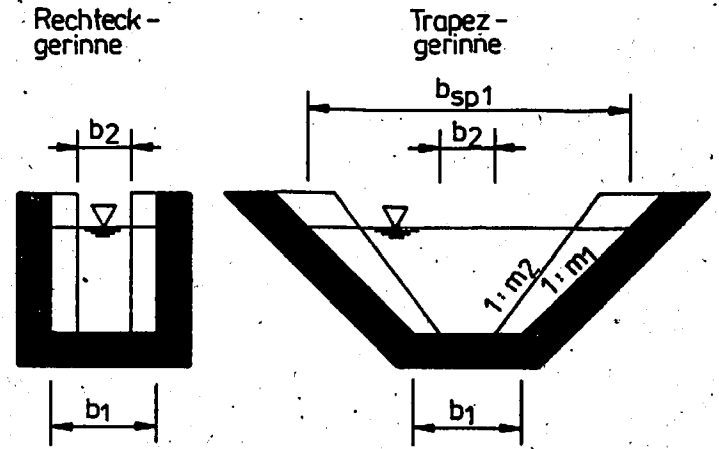
VEB Projektierung Wasserwirtschaft

BT Dresden

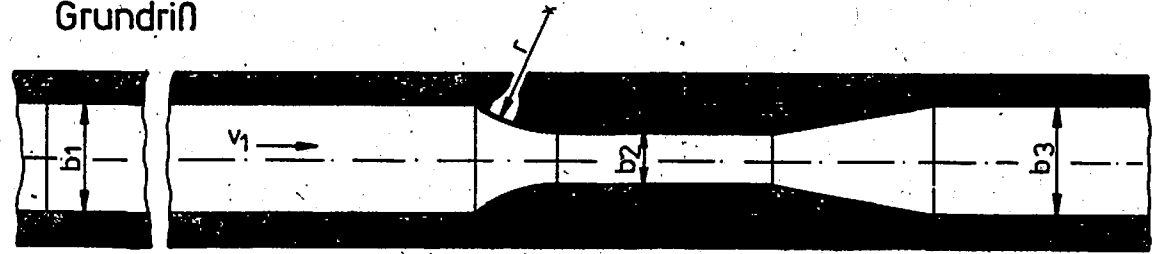
Längsschnitt



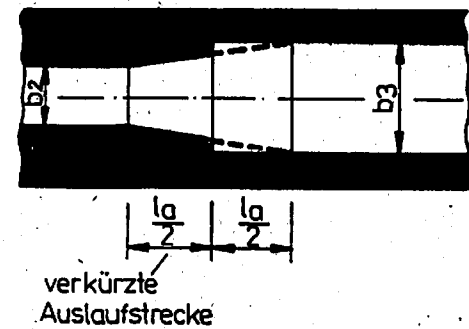
Querschnitt



Grundriß



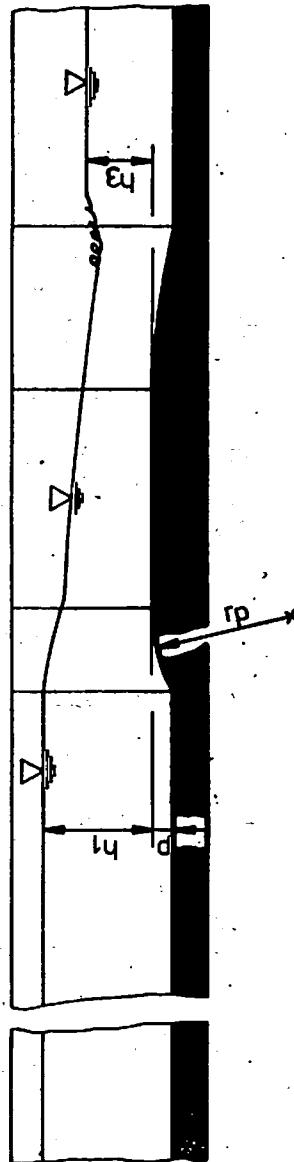
verkürzte Auslaufstrecke



- $l_1 \geq 10 b_1$
- $l_2 \geq 2h_{1max}$ - siehe auch Abschnitt 3.4.4.
- $l_e \geq 15(b_1 - b_2)$
- l_a siehe Abschnitt 3.2. für Rechteck- oder Abschnitt 3.3 für Trapezgerinne
- $l_h = (1 \text{ bis } 2) \cdot h_1 = \text{Normalfall}$
- $[l_h = (3 \text{ bis } 4) \cdot h_1 = \text{Sonderfall, wenn die Volumenströme nahe } V_{max} \text{ sehr genau erfasst werden sollen}]$
- $r > 2(b_1 - b_2)$

Bild 1 Venturigerinne

Längsschnitt

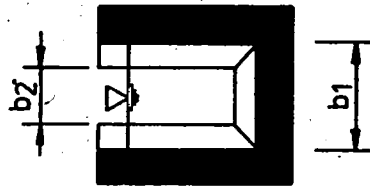


$r_p > 4p$

Grundriß und
übrige Maße wie Bild 1

Querschnitt

Rechteck-
gerinne



Trapez-
gerinne

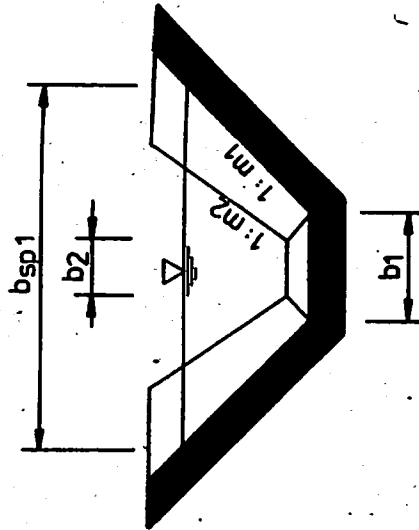


Bild 2 Venturigerinne mit Sohlschwelle

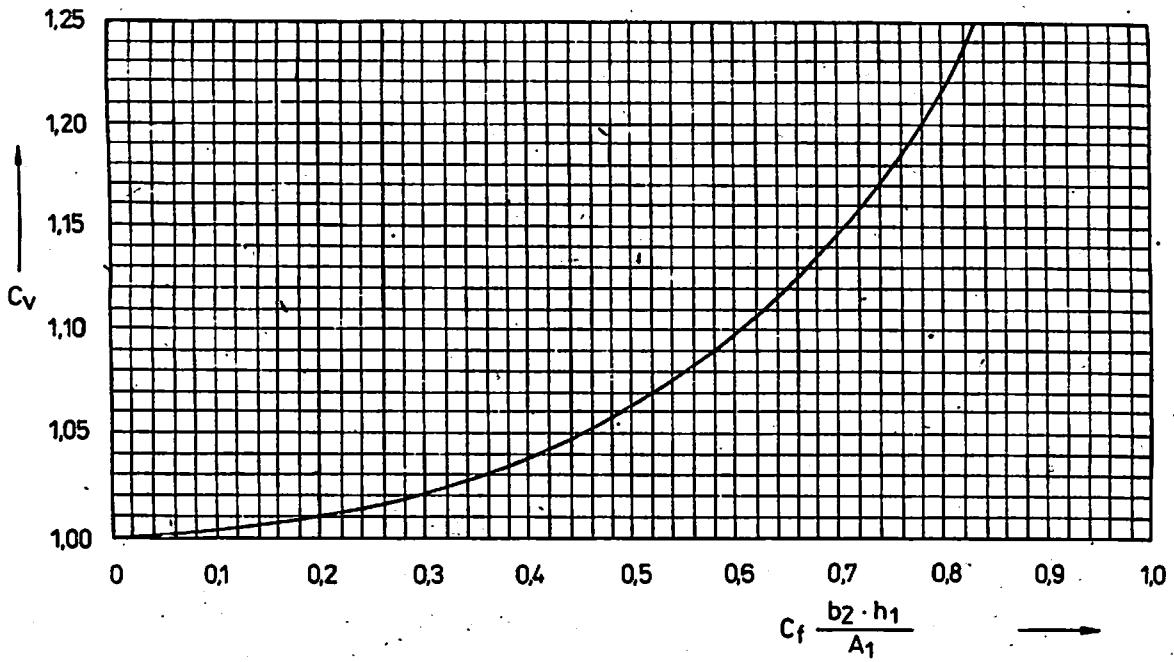


Bild 3 Geschwindigkeitsbeiwert C_v

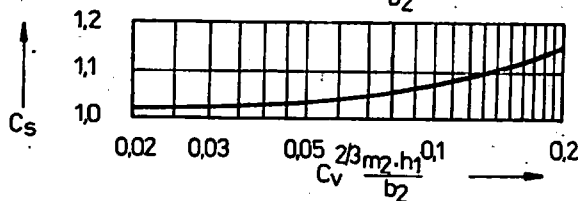
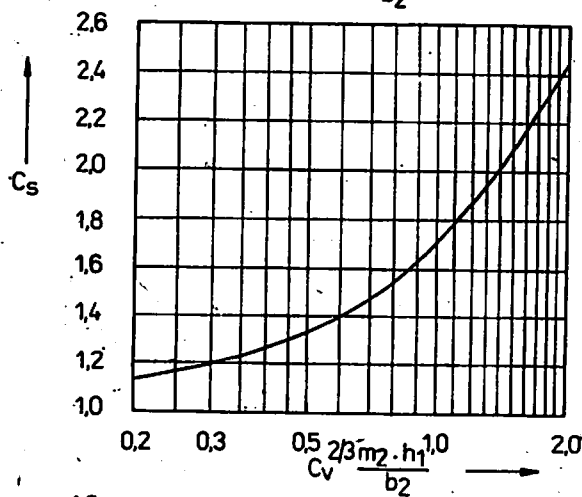
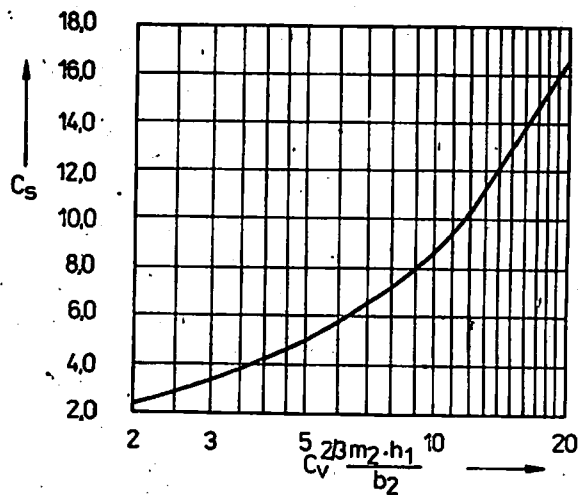


Bild 4 Formbeiwert C_s