

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 89 (1971)  
**Heft:** 22

**Artikel:** Entwässerung von Brücken  
**Autor:** Honegger, Heinz  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-84866>

#### Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

#### 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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

#### 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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 23.02.2026

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

Handelt es sich um einen relativ schwachen Vorfluter, so kann  $r_{krit}$  noch weiter erhöht werden. Ein Abfluss von 50 l/s,ha wird in der Größenordnung von 1 Stunde pro Jahr überschritten, gestattet aber immerhin eine Verringerung der Wassermenge auf rund  $\frac{1}{6}$ ! Wichtiger als die finanziellen Einsparungen sind aber die hydrologischen Vorteile, sollte das Regenwasser doch möglichst bald und möglichst dezentralisiert dem natürlichen Vorfluter zugeleitet werden.

Bei Regenauslässen – bei denen die Reduktion der Wassermenge bedeutend geringer ist – ist die Beschränkung auf wenige, gut gelegene Bauwerke eher am Platze, vor allem wegen der Kombination mit Regenbecken.

## 8. Schlussfolgerungen

Einer Hochwasserentlastung (Bemessung nach  $r_{krit}$ ) folgt immer noch ein Regenauslass (Reduktion auf den  $1+m$ -fachen Trockenwetteranfall). Dazwischen liegt ein neues Einzugsgebiet, dessen Abflussmenge auf die nur alle paar Jahre einmal eintretende Spitze festgelegt wird. Für die Bemessung des Kanals unterhalb der Hochwasserentlastung spielt also eine Erhöhung der Ablaufmenge aus der Entlastung eine ganz untergeordnete Rolle. In der Regel könnte auf die Ermittlung von  $Q_{ab}$  bei grösstem Zufluss verzichtet werden. Jedenfalls ist bei der Bemessung des Kanals nur mit der Weiterleitung von  $Q_{an}$  zu rechnen. Das System wirkt selbstregulierend, indem bei allfälliger Überlastung des Kanals

unterhalb der Drosselstrecke die Energie linie in der Drossel flacher und dadurch die Ablaufmenge  $Q_{ab}$  verringert würde.

Bei Regenauslässen sind in der Regel auch Regenbecken anzutragen. Dabei empfiehlt sich die bauliche Kombination zum Regenüberlaufbecken [5, S. VI 8a; 6, S. 96], wo infolge grösserer Wassertiefe und Überfallbreite der Mehrabfluss gering wird. Wird der Abfluss zur Kläranlage gepumpt, so kann die weiterzuleitende Menge durch die Pumpenwahl ebenfalls relativ genau begrenzt werden.

Damit wird das Problem der genauen Erfassung der hydraulischen Verhältnisse bei grösstem Zufluss beschränkt auf den seltenen Fall von letzten Regenauslässen vor der Kläranlage, wo kein Gefälle für die Ausbildung eines Regenüberlaufbeckens vorhanden ist – wo also ein in der Leitung zum Vorfluter liegender Regenklärbecken angeordnet werden muss – und sich auch kein Pumpwerk vor der Kläranlage befindet.

Die Bemessung des Regenüberlaufs konzentriert sich somit auf die hydraulische Bemessung der Drosselstrecke beim Anspringen des Überlaufs. Dabei wird zweckmässigerweise von der zulässigen Minimalgeschwindigkeit ausgegangen. Die Fliessgeschwindigkeiten in der Drossel bei  $QTW/2$  und in der Entlastung bei  $Q_{an}$  sollen nicht kleiner sein als diejenige im Zulauf bei  $QTW/2$ , sofern diese unter 50 cm/s liegt. Damit die Entlastungen bei Kanalspülungen nicht anspringen, soll  $Q_{an}$  nicht unter 30 bis 40 l/s liegen.

Für die routinemässige Bemessung wurde der Berechnungsgang formularmäßig zusammengestellt (siehe Bild 4), und gleichzeitig wurden die Zahlenwerte eines konkreten Beispiels eingetragen. Hochwasserentlastungen sollten angeordnet werden, wo immer es die örtlichen Verhältnisse gestatten. Bei kürzeren Fliesszeiten oder schwächerem Vorfluter empfiehlt es sich,  $r_{krit}$  zu erhöhen. Bei mit Regenbecken kombinierten Regenauslässen empfiehlt sich ein sparsamerer Einsatz.

## Literaturverzeichnis

- [1] ATV: Lehr- und Handbuch der Abwasser-technik, Bd. I. Berlin 1968, Verlag von Wilhelm Ernst & Sohn.
- [2] Eidg. Richtlinien über die technische Gestaltung und Bemessung von Abwasser-anlagen (1. Mai 1967).
- [3] A. Hörl: Kanalisation, Ingenieur-Handbuch Bd. II. Zürich 1966, Schweiz. Verlags-haus.
- [4] G. Kallwass: Beitrag zur hydraulischen Be-rechnung gedrosselter seitlicher Überläufe. Diss. TH Karlsruhe 1965.
- [5] W. Munz: Abwasser, 2. Auflage. Zürich 1969, Lehrmittelverlag Juventus.
- [6] W. Munz: Kritische Betrachtungen zur Be-messung von Regenüberläufen und Regen-becken, Europ. Abwassersymposium München 1969 (ATV-Bericht Nr. 23).
- [7] A. Samsonlu: Ausbildung von Regenüber-läufen. Diss. Inst. Siedlungswasserbau TH Hannover 1968.
- [8] M. Schmidt: Abfluss über Streichwehre. Diss. Inst. Wasserbau TU Berlin 1954.
- [9] M. Schmidt: Gerinnehydraulik. Wiesbaden 1957, Bauverlag GmbH.

Adresse des Verfassers: Walter Munz, dipl. Ing. ETH, Eidg. Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz an der ETH, 8600 Dübendorf, Überlandstrasse 133.

## Entwässerung von Brücken

Von Heinz Honegger, Bülach

Bei Brücken, Unterführungen, Tunnels und anderen Verkehrsbauten ist es sehr wichtig, dass anfallender Regen und Schmelzwasser rasch möglichst abgeleitet werden. Dadurch wird die Gefahr von Aquaplaning-Unfällen vermindert und im Winter Glatteisbildungen vermieden. Mangelhafte Planung, Berechnung und Ausführung dieser Flächenentwässerungen sind später oft Ursache ständigen Ärgers und können zudem zu folenschweren Unfällen führen. Eine Korrektur oder Sanierung ist meist nur mit unverhältnismässig grossem Aufwand möglich.

### Entwässerberechnung

Als erstes sind die folgenden Ausgangswerte der Berechnung festzulegen:

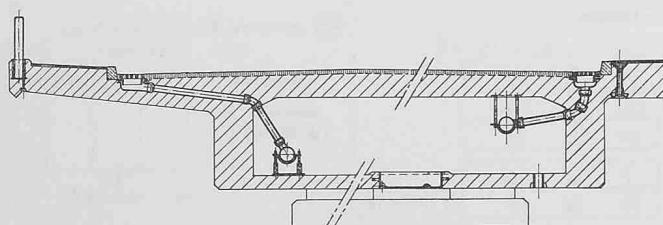


Bild 1. Anordnung der Entwässerung einer Brücke mit Hohlkasten-querschnitt

1. Regenintensität und Häufigkeit. Die EAWAG hat die dazu notwendigen Unterlagen für die Schweiz gesammelt und bearbeitet.
2. Längs- und Quergefälle der Fahrbahn
3. Wahl des Entwässerungs-Einlaufschachtes mit gegebenem Schluckvermögen
4. Abflusskoeffizient der gewählten Fahrbahndecke ( $\mu$ ).

Die Berechnungen selbst lassen sich zweckmässigerweise nach der in Tabelle 1 dargestellten Reihenfolge durchführen.

In Form einer hydraulischen Listenrechnung werden die Ergebnisse nach dem in Tabelle 2 gegebenen Beispiel zusammengefasst.

Leider wird bei der Festlegung der Schachtabstände und der Kanalbemessung sehr oft am falschen Ort gespart.

### Hinweise für die konstruktive Ausbildung des Tragwerkes

Die Anordnung der Sammelleitungen in Hohlkastenträgern bietet den Vorteil der jederzeitigen Kontroll- und Wartungsmöglichkeit (Bild 1). Dazu müssen die Einstiegsluken und Durchschlupföffnungen in den Querträgern vorgesehen werden.

Werden die Sammelleitungen durch die Querträger geführt, so ist ein Futterrohr einzubauen, das mit genügend

grossem Seitenspiel das Durchschieben der Sammelleitung unter Berücksichtigung des Muffen-Aussendurchmessers mühelos gestattet.

Je nach Geländeverhältnissen kann man vom Einlaufschacht direkt durch eine vertikal durchs Tragwerk hindurchführende Leitung ins Freie (beispielsweise in den Fluss) entwässern.

Bei Bauwerken mit kleinen, unzugänglichen Hohlräumen sollten die Leitungen an der Stirnseite oder an der Untersicht des Tragwerkes befestigt werden. Wird dies aus ästhetischen Gründen nicht zugelassen, so ist das Einbettieren der Anordnung der Leitungen in den später nicht mehr zugänglichen Hohlräumen vorzuziehen. Die Betriebssicherheit kann so eher gewährleistet werden.

Bei Tragwerken ohne Hohlraumausbildungen sollten die Leitungen vorzugsweise an die Stirnfläche oder Untersicht des Bauwerkes aufgehängt oder abgestützt werden. Solche Leitungen sind zwar den Witterungseinflüssen stärker ausgesetzt als die in Hohlkästen eingebauten Rohre, sie werden aber dennoch kaum vollständig einfrieren, weil zum kritischen Zeitpunkt eines Temperatursturzes der Rohrleitungsquerschnitt nicht voll mit Wasser gefüllt sein wird. Bildet sich infolge der eis- und schneeschmelzenden chemischen Mittel auf der Fahrbahn Schmelzwasser, so wird dieses durch die verbleibende Rohröffnung immer noch durchfliessen. Vielfach besteht die falsche Annahme, dass die Kaltwasserleitungen durch Isolation gegen Eisbildung geschützt werden könnten. Dieser Schutz würde nur wirksam, wenn die Rohre beheizt wären. Rohrleitungen, die extremen Kälteeinwirkungen ausgesetzt sind, können durch besondere Rohrmantelheizungen (Widerstandsheizung mit Thermostat) eisfrei gehalten werden. Der Aufwand dafür ist jedoch beträchtlich.

Bei der Planung des Entwässerungssystems muss die unterschiedliche Längenänderung des Tragwerkes gegenüber der Entwässerungsleitung infolge Temperaturänderungen beachtet werden. Führen Sammelleitungen durch bewegliche Widerlager, so ist es von Vorteil, wenn unter der Bewegungsfuge ein begehbarer Quergang angeordnet wird. In diesem Quergang kann dann der Kompensator (Ausdehnungs-Formstück) zur Aufnahme der Längs-, Quer- und Verdrehungsbewegungen eingebaut werden. Damit wird eine Kontrolle und Wartung dieses wichtigen Bauteils – wie gleichzeitig auch die des Fahrbahnüberganges und Auflagers – ermöglicht.

### Entwässerungs-Einlaufschächte

Bei der Anordnung der Einlaufschächte ist darauf zu achten, dass diese beim Bordstein oder bei der Konsole liegen und dadurch weniger den Verkehrsbelastungen ausgesetzt werden. Gleichzeitig wird auch der Fahrkomfort für die Verkehrsteilnehmer verbessert. Lange schmale Ein-

Tabelle 1. Berechnungsgang für die Entwässerung von Brücken

	Rechnungsgang	Eintrag in Kol.	Operationen
a)	Einteilung der Straßenfläche in Einzugsgebiete unter Berücksichtigung von 3 und 2 und Ermittlung der Schadabstände.		
b)	Festlegen der Schäfte und Nummerierung derselben.	①	
c)	Bestimmung der Schadabstände l (m)	②	
d)	Ermittlung der Größe der Einzugsgebiete $F_{eff}$ (ha)	③	
e)	Berechnung von $F_{red}$	④	$F_{red} = F_{eff} \cdot \mu$
f)	Sämtliche nachfolgende $F_{red}$ werden fortlaufend zusammengezählt	⑤	
g)	Bestimmung des zeitlich längsten Anlaufweges und des Gefälles zur Bestimmung der Anlaufzeit		
h)	Berechnung der Anlaufzeit $t_a$	⑥	$t_a = 0,4 \cdot \sqrt{\frac{L^2}{J}}$
i)	Sinnvolle Annahme eines Rohrkalibers	⑫	
k)	Errechnen der Geschwindigkeit v im geschätzten Rohr	⑬	$v = v_1 \sqrt{J}$
l)	Errechnen der Wassermenge Q im geschätzten Rohr	⑭	$Q = Q_1 \sqrt{J}$
m)	Berechnung der sich daraus ergebenden Fließzeit $t_f$	⑦ ⑧	$t_f = \frac{1}{v}$
n)	Bestimmung der Gesamtfließzeit $t_g =$ maßgebende Regendauer	⑨	$t_g = t_a + t_f$
o)	Ermittlung der Regenintensität r in Abhängigkeit von $t_g$	⑩	
p)	Berechnung der Abflußmenge $Q_m$	⑪	$Q_m = F_{red} \cdot r$
q)	Vergleich d. eff. Abflußmenge $Q_m$ mit d. max. mögl. Durchflußm. Q des angenommenen Rohrkalibers		

laufroste können besser ausserhalb oder am Rande der Fahrspuren eingebaut werden, sie eignen sich auch besser zur Aufnahme der Radlasten. Diese aufzunehmenden Radlasten sind in der SIA-Norm 161 vorgeschrieben. In der Praxis hat sich aber gezeigt, dass die Auflagerflächen bei Rosten mit  $110 \times 110$  mm (und nicht mit  $500 \times 500$  mm oder als Kreis mit Durchmesser 550 mm) angenommen werden sollten. Die Bruchlast sollte dabei mindestens 13,5 MP (einschliesslich Stoss- und Schwingbeiwertzuschläge) betragen. Beim nachfolgend beschriebenen *Hönel-Einlaufschacht* beträgt die Bruchlast bei einer Auflagerfläche von

Tabelle 2. Hydraulische Listenrechnung, Beispiel

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Strang von bis	Strang-länge l (m)	$F_{eff}$ (ha)	$F_{red}$ einz.	(ha) zus.	Anlaufzeit $t_a$ (min)	Fließzeit $t_f$ (sec) einz.	maßgeb. Regendauer $t_g$ (min)	Regenintensität r (l/sec ha)	Abflußmenge $Q_m$ l/sec	NW	V (m/sec)	Q (l/sec)	J (%/oo)	
1	38	0,038	0,034	0,034	2,8	—	2,8	447	15,2	150	0,86	15,3	6	
2	38	0,038	0,034	0,068	2,8	44	3,5	447	30,4	200	1,05	33,0	6	
3	38	0,038	0,034	0,102	2,8	36	80	4,1	447	45,5	200	1,49	46,8	12
4	38				2,8	26								

Ist  $Q_m$  grösser als Q, so muss die hydraulische Listenrechnung ab Kolonne 7 mit einem neu zu wählenden Rohrkaliber wiederholt werden

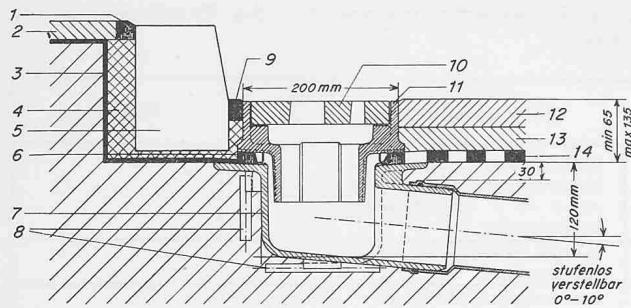


Bild 2. Einlaufschacht Honel 307/D. 1 Gussmasse, 2 Gussasphalt, 3 Bitumengewebefahrbahn «Mastix», 4 Zementmörtel, 5 Bordstein, 6 Kittkeil, 7 Schachttasse, 8 Montageeisen, 9 Kittfuge, 10 Rost, 11 Schachtrahmen, 12 Fahrbahndecke AB-10, 13 Fahrbahndecke AB-16, 14 Isolation

110 × 110 mm sogar 30 Mp. Die Schlitte des Rostes dürfen die Verkehrsteilnehmer, besonders die Radfahrer, nicht gefährden. Das Schluckvermögen des Einlaufrostes hängt vom freien Einlaufquerschnitt der Rostschlitze sowie deren Lage zur Fliessrichtung des Wassers ab. Die zufließende Wassermenge, die Fliessgeschwindigkeit sowie die Gefällsverhältnisse um den Einlauf beeinflussen dieses Schluckvermögen ebenfalls. Nach einer Faustformel sollte der freie Einlaufquerschnitt mindestens doppelt so gross sein wie derjenige der Ablaufleitung der Tasse. Für die Bezeichnung bzw. die Wahl des Einlaufes richtet man sich deshalb meist nach der Kapazität des Ablaufrohres, welche in Funktion der Nennweite, des Rohrgefäßes und des  $k$ -Wertes ermittelt wird.

Die dreiteiligen Entwässerungs-Einlaufschächte Honel-307 (Bild 2) bauen sich aus Einlauftasse, Schachtrahmen und gusseisernem Rost auf. Die Einlauftasse ist mit einem vertikalen oder seitlichen Auslauf versehen. Die am äusseren Boden dieser Einlauftasse festverbundenen Montageeisen werden mit der Brückenarmierung verschweisst. Dadurch wird sie in ihrer Lage fixiert und gegen den während des Betonierens wirkenden Auftrieb gesichert. Allseitiges Gefälle im Tassenboden verbessert die Abflussverhältnisse und ermöglicht ein sattes Unterbetonieren. Der Anschluss-

winkel der von der Einlauftasse wegführenden Leitungen kann zwischen 0° und 10° liegen. Die allenfalls sich daraus ergebende Verkantung der Einlauftasse kann vom Schachtrahmen, welcher in die Tasse hineintaucht, mit Nivellierschrauben ausgeglichen werden. Diese dienen dem stufenlosen Einpassen des Schachtrahmens an die Höhenlage des Belages und an das notwendige Längs- und Quergefälle. Ungenauigkeiten beim Versetzen der Einlauftasse können bezüglich der Höhenlage bis zu 60 mm ausgeglichen werden. Die Seitenlage kann dadurch, dass der Schachtrahmen in die Einlauftasse eintaucht, um das Spiel (zwischen Tasse und Rahmen) bis zu 30 mm korrigiert werden. Die maximal erreichbare Verdrehung beträgt rund 5°. Diese sind nötig, um den Schachtrahmen an die vorgeschriebenen Fluchtungen anzupassen. Die erwähnten Nivellierschrauben sind im Schachtrahmen so geschützt angeordnet, dass sie auch später zugänglich bleiben. Zudem übertragen sie die Kräfte auf die Schachttasse, so dass man nicht auf ein sattes Unterstopfen der Tasse mit Mörtel angewiesen ist. Der Schachtrahmen weist keine Auskragungen auf, so dass der Belag in seiner vollen Stärke direkt angeschlossen werden kann. Auf dem breiten, auskragenden Schenkel der Einlauftasse kann die Isolation sicher an den Kittkeil zwischen Tasse und Rahmen angeschlossen werden. Solange die Einlauftasse noch nicht an die Sammelleitung angeschlossen ist, wird der Tassenauslauf mit einem Deckelstopfen verschlossen. Nach Anschluss der Sammelleitung wird eine Entwässerung des Tragwerkes bereits im Bauzustand möglich, da der Schachtrahmen erst unmittelbar vor den Belagsarbeiten aufgesetzt wird. Durch im Schachtrahmen eingelassene Nuten kann das auf der Isolation liegende Sickerwasser zusätzlich in die Einlauftasse abgeleitet werden. Durch Einbau einer Glasfasergewebefahrbahn unter der Isolation könnte auch der Wasserdampfdruck, der bei den grossen Temperaturdifferenzen unterhalb der luft- und waserdichten Belagsdecke im doch einigermassen durchlässigen Beton entsteht, in die Tasse abgebaut werden. Um die guten Einlaufeigenschaften auf lange Sicht zu gewährleisten und wegen des starken Verschleisses des Belages durch Spikes usw., sollte dieser der Schachtrahmen-Oberkante gegenüber um mindestens 10 mm überhöht eingebaut werden. Diese Forderung gilt auch für Fahrbahn-Übergangskonstruktionen.

#### Quer- und Sammelleitungen aus Hart-PVC

Die Hart-PVC-Rohre (Polyvinylchlorid) eignen sich deshalb für den Einsatz bei Brücken-Entwässerungsleitungen, weil sie neben einer grossen Betriebssicherheit eine sehr gute Korrosionsbeständigkeit gegenüber den im Winter verwendeten schneeschmelzenden Chemikalien aufweisen. Das Verschleiss- und Abriebverhalten der Hart-PVC-Rohre ist sehr gut. Zudem verbessert die glatte Innenfläche die Durchlaufeigenschaften und erschwert vor allem den Ansatz von Inkrustationen. Daraus ergibt sich auch eine Verbilligung in den Reinigungskosten. Für die strengen Anforderungen bei Brückenentwässerungen muss jedoch ein Hart-PVC-Typ verwendet werden, der weichmacherfrei und ohne Füllstoffe ist. Zudem muss er eine Zugfestigkeit von 500 bis 550 kp/cm<sup>2</sup> und eine Bruchdehnung von 10 bis 50 % aufweisen. Diese Hart-PVC-Rohre werden äusserlich durch die Rohrfarbe RAL 8023 (rotbraun) gekennzeichnet. Die Wanddicken sowie die zulässige Beanspruchung  $\sigma$  ergeben sich aus der Zeitstandfestigkeit, die aus jahrelangen Versuchen bestimmt wurde. Diese Werte entsprechen auch der von der Wasserwerkseite geforderten 50jährigen Betriebsfähigkeit (Bild 3). Hart-PVC-Rohre dürfen als preisgünstig bezeichnet werden.

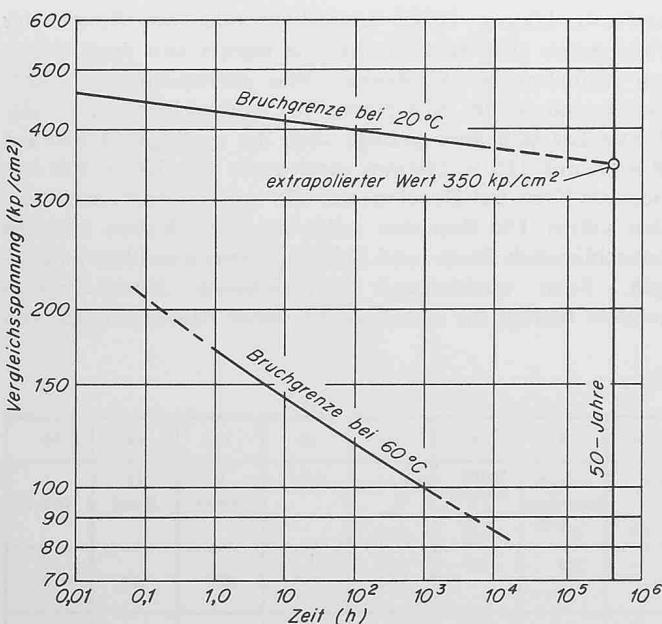


Bild 3. Zeitstandfestigkeiten (Mittelwerte) von Hart-PVC-Rohren bei verschiedenen Temperaturen.

Wird die Linie der Bruchgrenze bei 20°C extrapoliert, ergibt dies bei 50 Jahren eine Bruchgrenze von 350 kp/cm<sup>2</sup>. Setzt man die grösste zulässige Beanspruchung des Rohres mit 100 kp/cm<sup>2</sup> an, erhält man einen Sicherheitsfaktor von 3,5, was ausreichen dürfte.

Die Wanddicken sollen den Empfehlungen ISO/R 161 (International Standard Organisation) entsprechen. Sie werden nach der folgenden Näherungsformel bestimmt.

$$s = pd / 2 \sigma + p,$$

worin  $s$  = Wandstärke in cm;  $d$  = Rohr-Aussendurchmesser in cm;  $p$  = Innendruck in kp/cm<sup>2</sup> (Normalfall 4 kp/cm<sup>2</sup>);  $\sigma$  = maximale zulässige Beanspruchung des Rohres (100 kp/cm<sup>2</sup>, vgl. Bild 3).

Die sich daraus ergebenden Werte berücksichtigen bereits den Verschleiss sowie die statischen Forderungen für das Verlegen solcher Rohre. Dies ist vor allem bei einbetonierten, freiaufgehängten oder abgestützten Hart-PVC-Rohren wichtig, bei denen eine dünne Wandung die Gefahr einer starken Verformung bringen würde.

Die Schlagempfindlichkeit des empfohlenen Hart-PVC ist bis  $-3^{\circ}\text{C}$  günstig. Mit sinkender Temperatur wird diese Empfindlichkeit zwar etwas grösser, was sich aber kaum stark negativ auswirkt. Zugversuche bis  $+60^{\circ}\text{C}$  und  $-30^{\circ}\text{C}$  ergaben, dass die Festigkeit nach dem Temperaturwechsel bei  $-30^{\circ}\text{C}$  sogar 10 % gegenüber den ursprünglichen Werten zugenommen hat.

Für die Bestimmung der Abflusswerte in den Hart-PVC-Rohren wurde bis jetzt mit einem  $k$ -Wert nach Strickler von 100 gerechnet. Untersuchungen im Zusammenhang mit den Theorien von Strickler, Prandtl-Colebrook und Kirchler haben ergeben, dass ohne weiteres mit einem  $k$ -Wert von 120 gerechnet werden darf.

Aus hydraulischen Gründen ist eine möglichst geradlinige Wasserführung anzustreben. Rechtwinklige Einläufe und starke Krümmungen verschlechtern die Abflusseigenschaften und erhöhen zudem den Verschleiss in den Formstückchen.

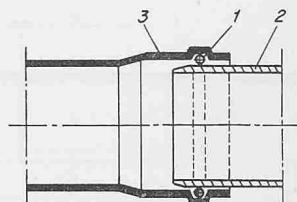
#### Leitungsaufhänger, einbetonierte Rohre, Rohrverbindungen

Die Ausdehnungskoeffizienten zwischen Hart-PVC und Stahlbeton sind stark verschieden (Hart-PVC 0,08 mm/m/ $^{\circ}\text{C}$ , Stahlbeton 0,012 mm/m/ $^{\circ}\text{C}$ ), so dass sich bei einbetonierten wie freiaufgehängten Leitungen in Tragwerken Relativbewegungen ergeben. Mit Rücksicht auf die möglichen Schwankungen der Lufttemperatur rechnet man in Brückenhohlkästen mit einem maximalen Temperaturgefälle von  $40^{\circ}\text{C}$ . Für Leitungen, welche an den Aussenseiten des Tragwerkes verlegt werden, muss ein Temperaturgefälle von  $60^{\circ}\text{C}$  in die Berechnungen einbezogen werden. Da die Hart-PVC-Rohre in Teillängen von 0,5/1,0/2,0/4,0 und 5,0 m geliefert werden und als Hauptleitung zwischen den Einlaufschächten eingebaut werden, ist die Verbindung dieser Teile unter sich für die Funktionstüchtigkeit (Dichtheit und Ausgleichsmöglichkeit der Längenänderungen) von grösster Wichtigkeit. Diese Verbindungen werden durch Steckmuffen ausgebildet (Bild 4).

Ein vorgespannter Kautschukring übernimmt in der Muffe die Dichtung. Längsbewegungen der beiden Rohre werden entweder durch Schubverformung des Kautschukringes oder durch Gleitreibung zwischen Rohrspitzende-Aussenwand und Dichtring aufgenommen.

Das Spitzende des Hart-PVC-Rohres wird je nach herrschender Einbautemperatur mehr oder weniger weit in die Muffe eingeschoben. Da in der Sammelleitung zwischen den Seiteneinläufen (von Einlaufschächten) eine grössere Anzahl solcher Steckmuffen liegen können, ist nicht gewährleistet, dass bei freiaufgehängten oder abgestützten Leitungen die Längenänderungen gleichmässig auf die Muffen verteilt werden. Durch Fixpunkttauflagerungen unmittelbar vor den Seiteneinläufen (Einfachabzweiger) kann erreicht werden, dass diese keine Schubkräfte aufnehmen müssen.

Bild 4. Steckmuffe. 1 vorgespannter Kautschukring, 2 Spitzende des Rohres, 3 Überwurfende des Rohres



Zwischen den Fixpunkten werden die Rohre nach den statischen Erfordernissen und nach Höhenlage frei beweglich aufgehängt oder abgestützt. Die Abstände der Lagerungen sind von der zulässigen Durchbiegung abhängig und lassen sich nach folgender Formel berechnen:

$$f = \frac{5}{348} \frac{Q}{E} \frac{L^3}{J}$$

$f$  = zulässige Durchbiegung in cm (Annahme 0,3 cm)

$Q$  = Gewicht des mit Wasser gefüllten Rohres in kg/cm

$d$  = Rohraussendurchmesser in cm

$L$  = Abstützungs- bzw. Aufhängeabstand in cm (Annahme 10  $d$ )

$J$  = Trägheitsmoment des Rohres in cm<sup>4</sup> ( $\pi s r^3$ )

$E$  = Elastizitätsmodul in kp/cm<sup>2</sup>

(für PVC-Rohre 30 000 kp/cm<sup>2</sup>)

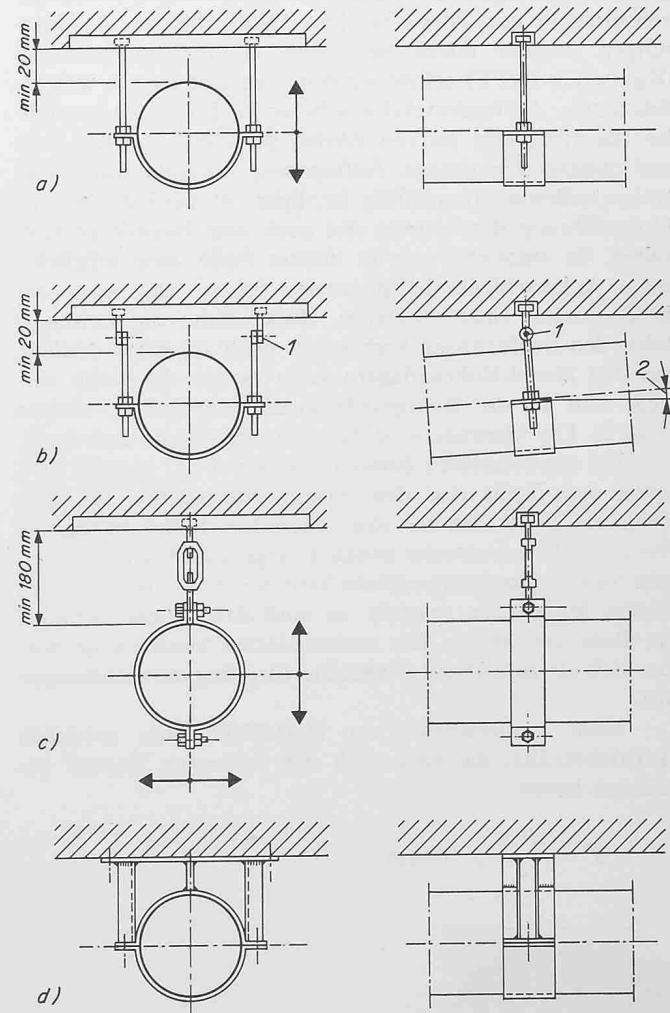


Bild 5. Rohrauflager: a) bewegliches Rohrauflager Honel-351, höhen- und seitenvstellbar, b) Rohrauflager Honel-351 k wie a), jedoch mit gelenkiger Aufhängung, 1 Gelenk, 2 Verstellwinkel, c) Rohrauflager Honel-353 mit Spiel in der Rohrschelle, Höhen- und Seitenlage stufenlos verstellbar, d) Fixpunktluflager Honel-361

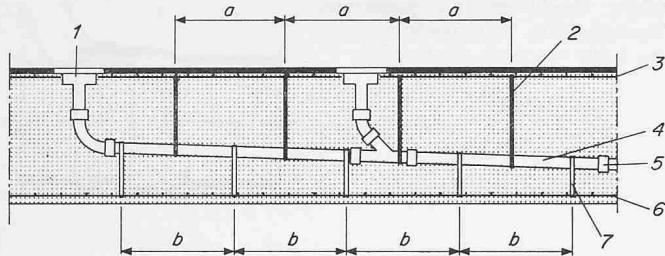


Bild 6. Schnitt durch ein Tragwerk mit einbetonierten PVC-Rohren.  
1 Einlaufschacht, 2 Rohraufhängung, 3 obere Armierung, 4 Entwässerungssammelleitung, 5 Steckmuffenanschluss, 6 untere Armierung, 7 Auftriebssicherung

a Abstände zwischen zwei Rohraufhängungen

b Abstände zwischen zwei Auftriebssicherungen

Die Leitungsaufhänge- oder -abstützlagern (Schellen) müssen die geforderten Belastungen aus Leitungsgewicht aufnehmen können. Die Flächenpressung der Rohrwand im Auflager ergibt sich aus

$$p = Q / \text{Rohraussendurchmesser} \cdot \text{Schellenbreite} (\text{kp/cm}^2)$$

Auf Grund der maximalen Belastungen dieser Lager werden die entsprechend bemessenen Ankerschienen oder Befestigungsbolzen (Einpunkt- oder Zweipunktbefestigungen) gewählt. Zwischen den Fixpunktlagernungen werden die Leitungen frei beweglich aufgelagert, um die Bewegungen mit möglichst kleiner Reibung aufzunehmen. Stahlschellenlagerungen haben sich dank des günstigen Reibungsbeiwertes in der Praxis bewährt. Noch höhere Anforderungen können durch besondere Gleitpolsterlagerungen (Kautschuk-PTFE) erfüllt werden – sie sind jedoch wesentlich teurer. Auflagersockel aus Beton sind nicht zu empfehlen, da mit einem starken Abrieb gerechnet werden muss und zudem eine genaue Auflagerung mangels stufenloser Höhenjustierung fragwürdig ist. Sehr oft wird die genaue Liniengleichheit der Leitung erst nach dem Betonieren festgelegt. Es empfiehlt sich in diesem Falle, eine möglichst lange Ankerschiene (beispielsweise 0,6 m lang) quer zur Brückenachse einzubetonieren. Damit kann die Leitungsnachse den Bedürfnissen auch später noch angepasst werden. Bei den Honel-Rohrauflagern kann zudem die Höhe verstellt und so die Rohrgefälle genau einreguliert werden (Bild 5). Die Montage wird dadurch wesentlich vereinfacht.

Bei einbetonierten Rohren aus Hart-PVC entsteht zwischen dem Rohr und dem umgebenden Beton aus dem Temperaturspiel heraus eine dauernde Relativbewegung. Durchgeführte Versuche haben gezeigt, dass bei einer Vielzahl von Temperaturwechseln kein Verbund zwischen den beiden Materialien entsteht; es sind dabei keine Schäden am Rohr entstanden. Die einbetonierten Steckmuffen wirken sich als zusätzliche Fixpunkte für Längsverschiebungen aus.

Beim Einbetonieren der Hart-PVC-Rohre entstehen Auftriebskräfte, die sich nach der folgenden Formel berechnen lassen :

$$A = \frac{d^2 \pi}{4} \gamma 100 \text{ cm}$$

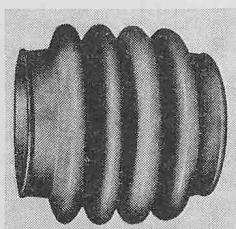
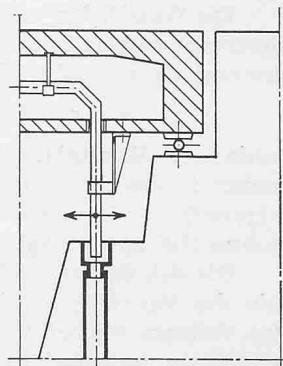


Bild 7. Kompensator zur Aufnahme von Bewegungen zwischen zwei Leitungsstücken

Bild 8. Anordnung der Entwässerung im Bereich eines beweglichen Brückenwiderlagers. Dank dieser Anordnung muss die Entwässerung nicht über die Fuge zwischen beweglichem Brückenteil und fester Widerlagerbank geführt werden



$A$  = Auftriebskraft in kp/100 cm

$d$  = Rohraussendurchmesser in cm

$\gamma$  = Spezifisches Gewicht des Betons in kg/cm<sup>2</sup>  
(0,26 kg/cm<sup>2</sup>)

Das ganze Rohr wird dabei als Vollbeton-Querschnitt gerechnet. Die Differenz der spezifischen Gewichte zwischen PVC und Beton kann dabei vernachlässigt werden.

Während des Betoniervorgangs müssen die leeren Rohre gegen Auftrieb und gegen dadurch entstehende unerwünschte Verformungen gesichert werden. Diese Auftriebssicherungen sollen nicht punkt- oder linienförmig am Rohrumfang angreifen, sondern auf eine verbreiterte Fläche wirken (dies kann beispielsweise durch Kistenband aus Kunststoff oder Stahl erreicht werden). Bei Nennweiten bis 300 mm der Rohre können die Kistenbänder der Verankerungen an der unteren Armierung angebracht werden. Größere Rohre sind sicherheitshalber durch die Schalung zu befestigen (Bild 6).

#### Bauwerksbewegungen

Bei Bauwerken, bei denen die Sammelleitung durch das bewegliche Widerlager hindurch an eine bestehende Strassenentwässerung angeschlossen wird, ist zu beachten, dass bei Bewegungen aus Temperaturänderungen von mehr als 20 mm ein spezieller Kompensator eingebaut werden muss. Fundamentverdrehungen, Tragwerksdurchbiegungen, Stützen- oder Widerlagerdeformationen, Setzungen oder Bewegungsfugen in Steigungen verlangen zudem eine gelenkige Ausführung des Kompensators. Führt die Sammelleitung schräg zur Brückenlängsachse durch das bewegliche Widerlager, so resultiert eine Querverschiebung, die der Kompensator zusätzlich aufnehmen muss. Der Einbau des Kompensators soll, wenn möglich, unter dem beweglichen Fahrbahnübergang in einem begehbarer Quergang erfolgen. Er kann aber auch unmittelbar im angrenzenden Hohlkasten angeordnet werden. In diesem Falle muss der Hohlkasten, wie bereits erwähnt, zugänglich angeordnet werden. Durch die zugängliche Anordnung kann der Kompensator jederzeit kontrolliert und gewartet werden. Der Kompen-

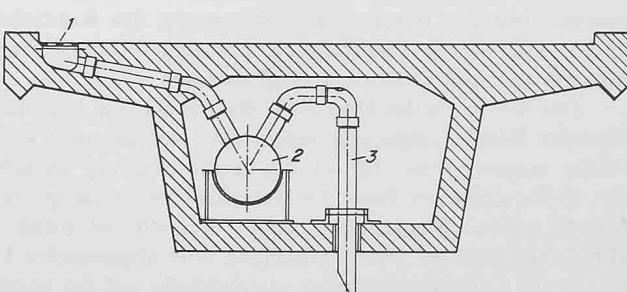


Bild 10. Anordnung einer Hochwasserentlastung in einem Brücken-Hohlkastenquerschnitt, 1 Einlaufschacht mit Zubringerleitung, 2 Hauptsammelleitung, 3 Hochwasserentlastung ins Freie

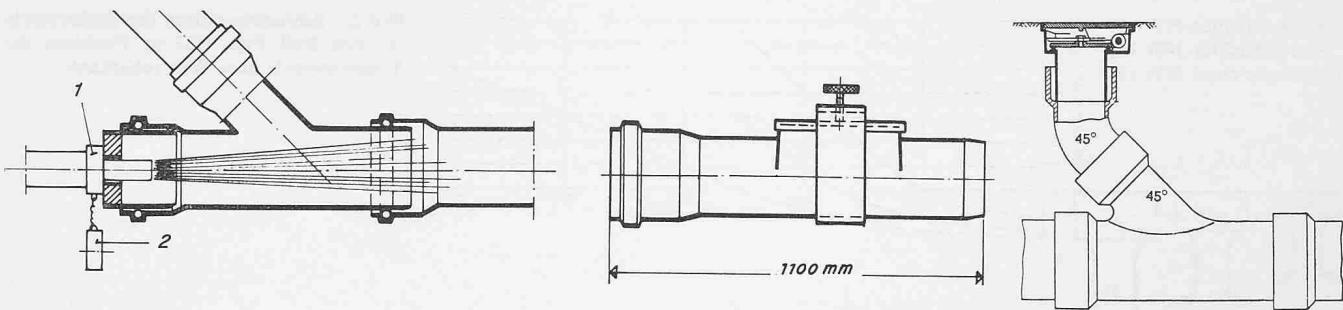


Bild 9. Links: Spülstutzen für die Reinigung der Sammelleitung. 1 Spülschlauch (Feuerwehrschnellkupplung), 2 Storz-Kupplungsdeckel; Mitte: Formstück mit Kontroll- und Putzverschluss; rechts: Anordnung eines Reinigungs- und Spül schachtes in der Fahrbahn

sator ist mit seitlichen Flanschen befestigt, und zwar auf einer Seite als Fixpunktbefestigung (zur Strassenseite) und auf der anderen Seite fest mit dem beweglichen Tragwerkende (Bild 7).

Die Kompensatoren haben, besonders wenn die beiden verbundenen Rohre nicht genau in derselben Achse liegen, oft beträchtliche Kräfte aufzunehmen. Man kann solche Kompensatoren sparen, wenn man vor dem beweglichen Widerlager mit der Sammelleitung schräg durch das Tragwerk nach unten auf die Widerlagerbank fährt (und so die bewegliche Fuge vermeidet). Auf der Widerlagerbank taucht dann die Sammelleitung vertikal in einen offenen Einlaufschacht ein. Das eintauchende Leitungsrohr muss gegenüber dem Schacht allseitig genügend Spielraum aufweisen, damit die Längenänderungen vom Tragwerk her aufgenommen werden können. Dieser Schacht kann zugleich als Sandfänger ausgebildet werden (Bild 8).

#### Konstruktive Vorkehrungen für Kontrolle und Unterhalt

Bei freiaufgehängten Sammelleitungen soll zu Beginn sowie unmittelbar vor dem Widerlager ein Spülstutzen vorgesehen werden. Dieser Spülstutzen ist mit einer Storz-Schnellkupplung versehen, damit die Brückenunterhaltsabteilungen mit den Druckwasserschläuchen direkt, dicht angeschlossen und zentrisch die Leitungen durchspülen können. Gleichzeitig soll in Abständen von etwa 30 m jeweils eine Putz- und Kontrollöffnung vorgesehen werden, damit jederzeit Verstopfungen mit entsprechenden Rohrreinigungsgeräten (biegsamen Wellen) aufgelöst werden können (Bild 9).

Die Spül- und Reinigungsmöglichkeiten setzen voraus, dass die Unterhaltsarbeiter in die Brückenhohlkästen einsteigen oder mittelst Gerüst oder Leiter an den Außenseiten an die Sammelleitungen heransteigen müssen. Eine bequemere Wartungsmöglichkeit ist der Einbau von befahrbaren Honel-Spül- und Reinigungsschächten in der Fahrbahn der Brücke. Ohne grossen Zeitaufwand können die Unterhaltsarbeiter von der Fahrbahn aus durchspülen oder mit den Reinigungsgeräten operieren (Bild 9).

Bei langen Sammelleitungen mit geringem Längsgefälle sollte in Abständen von etwa 50 m ein Überlastungsablauf angeordnet werden. Dieser Ablauf spricht dann an, wenn die Sammelleitung im vollen Querschnitt Wasser führt. Das Wasser dieses Überlastungsablaufes wird direkt an Ort und Stelle aus dem Bauwerk ins Freie hinausgeleitet. Die örtlichen Gegebenheiten müssen bei der Bestimmung der Lage solcher Notausläufe berücksichtigt werden (Bild 10).

#### Hinweise für den Versetzvorgang unter Berücksichtigung der Bauetappen

Die Tragwerkskonstruktion ist in den meisten Fällen so ausgebildet, dass die Rohrleitung vom Einlaufschacht bis zur Sammelleitung ganz oder teilweise einbetoniert wird. Erst der Anschluss an die Sammelleitung, wie auch diese

selber, ist im Hohlkasten angeordnet. Die Abgangsleitung vom Einlaufschacht wird deshalb als erste Etappe bis zur Hohlraumschalung geführt. Um die an der Hohlkastenschalung angrenzende Spitzendzone des Rohres wird dann eine Styroporschaltung (zum Beispiel Sagex) in der Stärke von rund 30 mm geschaltet. Nach dem Ausschalen des Hohlkastens wird dieses Styropor herausgekratzt, so dass die Fortsetzung der Querleitung mit einer Steckmuffe über das freigelegte Spitzende des einbetonierte Rohres angeschlossen werden kann. Der Anschluss dieser Querleitung an die Sammelleitung erfolgt mit einem 45°-Einfachabzweigerstück. Nun wird die Sammelleitung verlegt. Durch diesen Einbauvorgang wird ein Beschädigen der Rohre beim Ausschalen verhindert.

Beim Verlegen von Ankerschienen auf die Hohlkastenschalungen ist zu beachten, dass die Hohlkanäle dieser Schienen mit einem wiederentfernbaren Füllstoff ausgekleidet werden, damit beim Betonieren keine Betonmilch in diese Hohlkanäle eindringen kann.

Adresse des Verfassers: Heinz Honegger, Wendelbuck 323, 8196 Wil ZH, Heinz Honegger AG, Soligänterstrasse 24, 8180 Bülach.

## Schluckvermögen von Einlauftrichtern mit Seihern

DK 628.241

Von M. Lüthy, Bern

Im Bestreben, die Trinkwasservorkommen zu schonen, entschloss man sich beim Bau einer Kühlstation das nötige Brauchwasser einem Wildbach zu entnehmen, über Wärmeaustauscher zu leiten und dem Bach wieder zurückzugeben. Eine gegenseitige Beeinflussung des natürlichen Gewässers und des geschlossenen Kühlwasserkreislaufes – außer durch Wärme – ist damit ausgeschlossen. Von den Problemen ist nachfolgend die praktische Lösung einer hydraulischen Aufgabe mittels einfacher Versuchsanordnung im Felde beschrieben.

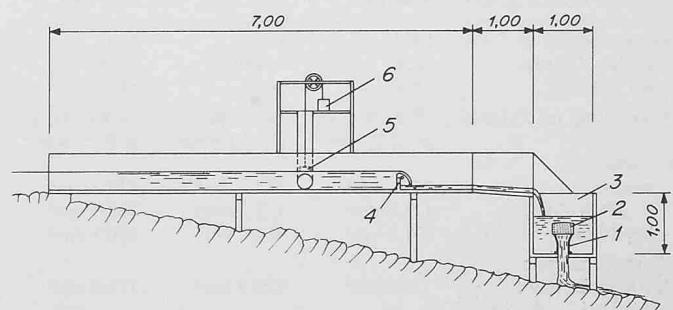


Bild 1. Längsschnitt durch die Versuchsanordnung

- |                   |                                     |
|-------------------|-------------------------------------|
| 1 Einlauftrichter | 4 Überfall-Messblende               |
| 2 Seiher          | 5 Schwimmer                         |
| 3 Messkiste       | 6 Registrierender Wasserstandsgeber |