Zeitschrift: Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria
Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband
Band: 75 (1983)
Heft: 11-12

Artikel: Gezhouba : Grosskraftwerk am Chang Jiang
Autor: Gruner, Edourard
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-941295

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: 16.07.2025

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

Gezhouba – Grosskraftwerk am Chang Jiang

Eduard Gruner

Zusammenfassung

Das Gezhouba Projekt am Chang Jiang (Yang Tze) Fluss ist die grösste Anlage zur Erzeugung elektrischer Energie in der Volksrepublik China. Die Anlage umfasst: Schiffschleusen, Wasserkraftwerke, Hochwasserentlastungsanlagen und Spülschützen. Die Sperre ist 2561 m lang und bis zu 70 m hoch. Zwei der Schiffschleusen ermöglichen die Durchfahrt von Schiffen bis 10 000 t, während eine dritte für Passagierschiffe und Frachtboote bis 3000 t dient. Die 21 Turbinen-Generatoren haben eine Leistung von 2715 MW und produzieren 15 100 MWh je Jahr. Durch die 27 Schützen der Hochwasserentlastung und die 12 Spülschützen soll das grösste Hochwasser von 110 000 m³/s abgelassen werden können. Der Bau begann 1975 und das Kraftwerk soll 1985 in Betrieb stehen.

Chang Jiang

Der Chang Jiang ist, wie sein Name sagt, sowohl der längste als auch der grösste Fluss der Volksrepublik China. Er entwässert ein Gebiet von 1 807 000 km², das etwa einem Fünftel der Fläche dieses Landes entspricht. Im Mittel der Jahre beträgt sein Abfluss 921 km³ und seine Sedimentabfuhr 650 Mio t.

Von seinem Ursprung an der Grenze zur Autonomen Region Tibet bis zu seiner Mündung bei Shanghai in das Ostchinesische Meer, misst er 6265 km. Seine Wasserführung schwankt in normalen Jahren zwischen 7600 und 65 000 m³/s. Als Extremwerte ergaben sich 2500 und 110 000 m³/s. Die mittlere Wasserführung beträgt 31 000 m³/s. Als Höchstwerte wurden gemessen: 1890 71 000 und 1981 72 000 m³/s. Der kleinste Abfluss erscheint im Januar. Die Flutzeit liegt zwischen Juni und Mitte Oktober. Mit seinen 700 Zuflüssen besitzt er ein gewaltiges Energiepotential. Dieses wird aber erst an einigen dieser Zuflüsse genutzt.

Der Chang Jiang ist auf seinem Lauf unter verschiedenen Namen bekannt. Nichtchinesen nannten ihn Yang Tze Kiang, weil er für ihre Sicht das Land Yang an seinem Unterlauf durchfloss. Über seine Quelle lagen nur unklare Vermutungen vor, bis vor 30 Jahren die Führung der Chinesischen Kommunistischen Partei das Plan Bureau des Chang Jiang Beckens bestellte. Mit den Hilfsmitteln, die der Topographie heute zur Verfügung stehen, wurde als sein Quellfluss der Tuotuo erkannt.

Er entspringt im Tanggula Gebiet zwischen Gipfeln von 6000 m Höhe aus einem Gletscher an der Nordgrenze der Autonomen Region Tibet. Nach einem Lauf über 334 km auf über 4500 m ü. M. vereinigt er sich mit dem Damqu bei Nangjibalong. Als Tongtian fliesst er vorerst auf 813 km über eine Hochebene, um hernach in einem Canyon über 1000 m abzufallen. Nach Bailing bei Yushu in Qinghai, heisst er Jinsha. Sein Bett liegt über 2308 km zwischen den Ketten des Henguan-Gebirges. In V-förmigem Tale ergibt sich ein Gefälle von fast 3000 m. Sein Lauf führt über weite Strecken nach Süden, wendet bei Shigu scharf nach Norden, um nach 100 km sich erneut nach Süden zu kehren. In dieser Strecke bietet sich Raum für etwa 14 Kraftwerke von 40 bis 50 MW Leistung. Bei Shigu wird sogar ein Durchbruch der Flussschleife erwogen. In Yibin mündet er in den von Norden kommenden Minjiang. Unter dessen Namen fliesst er über 345 Kilometer am südlichen Rand, bei mässigem Gefälle durch die Provinz Sichuan. In Chungqing vereinigt er sich mit dem vom Norden zufliessenden Jailing. Als Chuang Jiang durchquert er alsdann auf 645 km ein zu grosser Höhe erwachsendes Gebirge. An dessen Ende stehen die drei Schluchten; Qutang, mit 8, Wuxia, mit 40, und Xiling, mit 76 km Länge. Dem Touristen bieten sie eine grossartige Landschaft, während sie der Schiffahrt bislang eine grosse Gefahr verursachten. Nun ist ihre Fahrrinne ausgesprengt und mit 2000 Signalen bezeichnet, die den Verkehr auch nachts ermöglichen. Bis Yichan ergibt sich ein Gefälle von 112 m. In dessen Nähe ist seit 1975 das Gezhouba Kraftwerk für eine Leistung von 2715 MW im Bau. Von hier ab heisst der Fluss Yang Tze Jiang. Es verbleiben ihm noch 48 m Gefälle auf seinem Weg über 1820 km bis in das Ostchinesische Meer. An seinem Ufer liegen der Dongting See und der Poyang See. Bei grossem Abfluss des Stromes, dienen diese als Rückhaltebecken für Nebenflüsse. Bei Jiangyin begegnet er nochmals einem Felsriegel, der ihn auf 1200 m einengt. Darnach öffnet sich sein Delta nach Nantiong auf 91 km. Kurz vor seinem Ende nimmt er von rechts den Huangpu auf, an welchem die Hafenstadt Shanghai liegt.

Gezhouba

Die Nutzung des Chang Jiang war der Technik unserer Zeit vorbehalten. Sein grosses Energiepotential veranlasste schon seit Jahrzehnten Wasserbauer zu Projekten. Dr. *Savage,* ein prominenter Ingenieur aus US-Amerika, zeigte bereits 1944 den Plan für ein Werk am Ausgang der Schluchten. Seither liess das Ministerium für Wasserwirtschaft in China (Water Conservancy) die Strecke von Chungqing bis Yichan, von 645 km, nach Sperrstellen untersuchen. Ihr Gefälle von 112 m liegt zwischen 160 und 48 m. ü. M. Dieser Abschnitt ist ausserordentlich schön, weil der Chang Jiang hier ein tertiäres Gebirge durchfliesst. Sein Sandstein erhebt sich zu Klippen bis zu 200 m Höhe, und sein Mergel bildet Abhänge, die von Vegetation bewachsen sind. Die Siedlungen liegen gesichert gegen Hochwasser 20 bis 40 m über dem Flussspiegel.

Als geeignete Sperrstelle konnte ein Stauspiegel auf 200 m ü. M. erkannt werden. Diese Stauhöhe hätte ihre Wurzel einige hundert Kilometer vor dem Eingang in die Schluchten gehabt und die Umsiedlung von 400 000 Menschen sowie vielen Betrieben bedingt. In Chungqing wäre der Mittelwasserspiegel des Chang Jiang und des dort mündenden Jailing Jiang noch um 40 m überstaut worden. Solche Massnahmen verursachten schon im voraus Unzufriedenheit und schufen Gegner. Das grosse Stauvor-

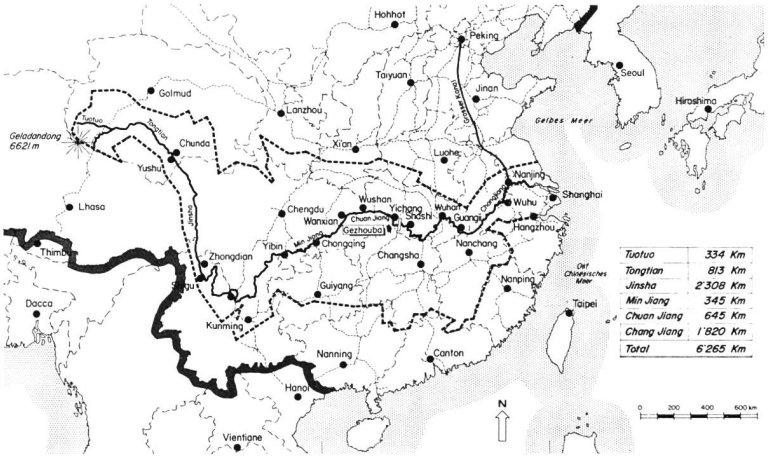


Bild 1. Der Fluss Chang Jiang mit seinem Einzugsgebiet.

haben musste deshalb preisgegeben werden. Das Energiepotential im Chang Jiang bleibt aber eine Aufgabe, für die eine Lösung gesucht wird.

Vorerst wird der unterste Teil dieser Strecke mit einer Mehrzweckanlage durch eine Sperre in Gezhouba, unterhalb der dritten Schlucht, erschlossen. Ein tausendjähriges Hochwasser von 110 000 m³/s, das in Rechnung gesetzt wird, bedingt eine Breite von etwa 2500 m. Die Projektstudien begannen 1970. Die Baustelle wurde in drei offene Baugruben unterteilt, die jeweils ein anerkanntes Hochwasser bis zu 50 000 m³/s umleiten können. Das nutzbare Gefälle von 23 m liegt zwischen 66 und 43 m (extrem 39 m) über Meer. Die Gründung erfolgt auf Wechsellagen von Mergel, Sandstein und Konglomerat der Unteren Kreide. Diese Schichten streichen von Nordosten nach Südwesten unter einem mittleren Winkel von 70 Grad zur Achse der Sperre. Sie zeigen ein leichtes Fallen flussabwärts von 4 bis 8 Grad. Dieser Felskörper war tektonischen Bewegungen in drei Phasen ausgesetzt, die sich unter Azimuten von 125, 225 und 240 Grad an Ritzspuren erkennen lassen. Das Gestein um die Ebenen der Bewegung bildet eine Lehmschicht von 0,1 bis 0,5 m Stärke. Die Mikrostruktur dieser Schichten zeigt eine parallele Lagerung der Lehmpartikel. Beim Aufbruch dieser Schichten entspannt sich das darin enthaltene Porenwasser. Der an sich feste Lehm wird dadurch zu einem Brei mit niedrigem Reibungswinkel. Auf dieses Phänomen muss bei der Belastung der Fundamente besonders Rücksicht genommen werden.

Die Bauarbeiten begannen im Janaur 1975 am linken Ufer in Baugrube 3. Dieser Teil konnte vor dem Hochwasser 1980 beendet werden. Die Baukörper in Baugrube 2 kamen vor dem Hochwasser 1982 in Betrieb. Durch die Gezhouba Insel aus Sedimenten war ein Arm des Flusses am rechten Ufer getrennt. In der Niederwasserzeit von 1982 konnte dieser durch einen Fangdamm geschlossen werden. Das Hochwasser 1982 brauste bereits durch die angestaute Anlage.

Dieser Fangdamm von Baugrube 1 hat nach oberstrom eine Höhe von 45 m. Sein zentraler Teil wurde verdichtet. Für die Stützkörper wurde Aushub gebraucht. Nach oberstrom liegt im Fangdamm ein Kern aus Felsschüttung. Zur Dichtung dieses Schüttkörpers wurden oberstromseits vor seiner Mitte zwei parallele Schlitzwände aus Beton eingebaut. Ihr Abstand beträgt zirka drei Meter. Darin wurden in Abständen von 20 m Schächte ausgehoben und mit Betonrohren verkleidet. Diese dienen zur Kontrolle der Dichtigkeit der Schlitzwände.

Vom rechten zum linken Flussufer enthält die Anlage von Gezhouba:

- 1 Betonsperre zur Verbindung mit dem anstehenden Fels am rechten Ufer.

Baugrube 1:

- 9 Schützen, Breite 166 m;
- 1 Schleuse für Schiffe bis 10 000 t, 32 × 280 m; Breite der Anlage 75 m;
- Krafthaus Nr. 1 mit 14 Einheiten zu 125 MW, Total 1750 MW, Breite 388 m.

Für diese Baukörper war die Gründung im Herbst 1982 im Gange.

Baugrube 2:

- 27 Hochwasserentlastungsanlagen mit Sektorschützen, Breite 500 m;
- Krafthaus Nr. 2 mit 2 Einheiten zu 170 MW für ein Gefälle von 23 m, 5 Einheiten zu 125 MW, Total 965 MW, Breite 357 m.

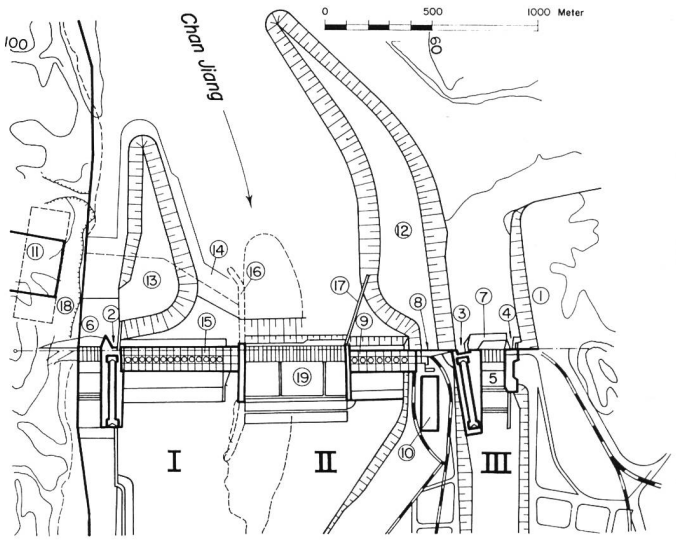


Bild 2. Gezhouba, Lageplan.

Baugrube 1 – am rechten Ufer – ist durch Fangdämme abgeschlossen.
Baugrube 2 – in Strommitte – ist im Rohbau fertig.
Baugrube 3 – am linken Ufer – steht nach Teilaufstau im Betrieb.

1 Damm linkes Ufer
2 Schiffschleuse Nr. 1
3 Schiffschleuse Nr. 2
4 Schiffschleuse Nr. 3
5 Schleuse zur Sinkstoffabfuhr
6 Schleuse zur Sinkstoffabfuhr
7 Betonsperre am 3. Kanal
8 Betonsperre
9 Krafthaus am 2. Kanal
10 Schaltanlage 220 kV
11 Schaltanlage 500 kV
12 Leitwerk am 3. Kanal
13 Leitwerk gegen Sedimente am Hauptfluss
14 Schwelle gegen Feststoffe
15 Krafthaus am Hauptfluss
16 Leitwerk rechts
17 Leitwerk links (Mauer)
18 Leitwerk rechtes Ufer
19 Auslass Schleuse am 2. Kanal

Diese Bauteile sind erstellt.

Baugrube 3:

- 1 Schleuse für Schiffe bis 10 000 t, 32 × 280 m, Breite der Anlage 75 m;
- 6 Schützen der Entsandungsanlage, Breite 105 m;
- 1 Schleuse für Schiffe bis 3000 t, 18 × 120 m, Breite 40 m.

Diese Teile sind im Bau.

Eine Erdsperre aus Lockermaterial bildet den Anschluss an das linke Ufer.

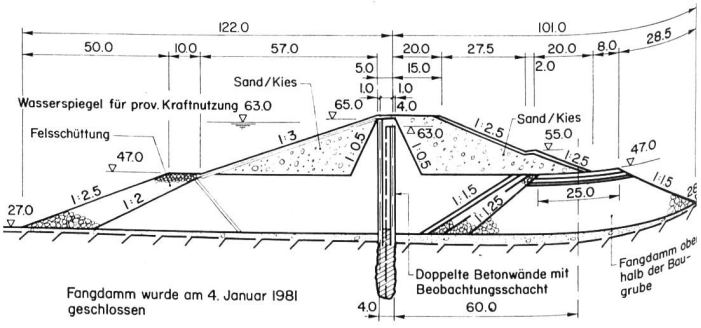
Aushub und Schüttungen bedingten ein Volumen von 100 Mio m³. Der Beton wird 7,1 Mio m³ betragen, wovon 6,3 Mio m³ in den Hauptbauwerken liegen.

Die 27 Hochwasserschützen und die 6 Entsanderschützen sind für 86 000 m³/s bemessen, was dem hundertjährigen Hochwasser entspricht.

Die Stauhaltung wurde im Mai 1981 aufgenommen. Im Juni 1981 wurde die Schiffahrt umgeleitet. Im Juli 1981 wurde mit der Lieferung von elektrischer Energie begonnen.

Am Bau von Gezhouba nehmen 50 000 Personen teil. Das Werk soll 1985 durchgehend dem Betrieb übergeben werden.

Bild 3. Fangdamm als Abschluss der Baugrube 1, oberstrom Querschnitt.



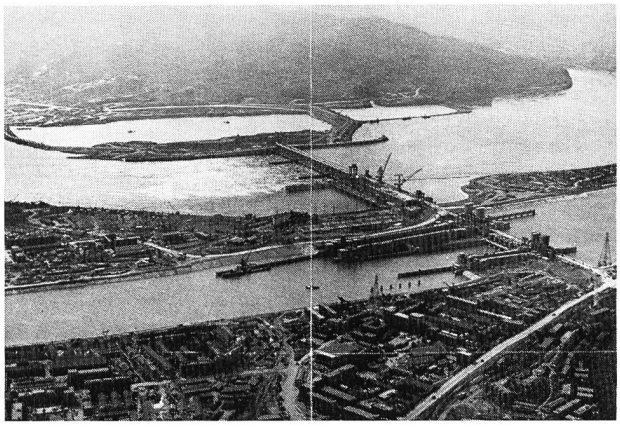


Bild 4. Übersicht der Baustelle Gezhouba, Januar 1981.

Das Energiepotential ist dabei gesichert, aber die Stauhaltung wird unter dem grossen Transport von Festbestandteilen bald verlanden.
Mit der beim Bau des Werkes Gezhouba gewonnenen Erfahrung kann hernach oberhalb der Drei Schluchten ein weiterer Abschnitt des Gefälles ausgebaut werden.

Adresse des Verfassers: *Eduard Gruner,* dipl. Ing. ETH, Rütimeyerstrasse 58, 4054 Basel.

Die Belüftung des Abflussstrahls bei grossen Hochwasserentlastungsanlagen

Einige Bemerkungen zu einer neueren Anwendung

Walter Giezendanner und Hans Peter Rüfenacht

1. Allgemeines

Dass fliessendes Wasser bei hohen Geschwindigkeiten in Schussrinnen von Hochwasserentlastungen Kavitationsschäden hervorrufen kann, ist allgemein bekannt. Dass aber durch Lufteintrag das Kavitationspotential soweit vermindert werden kann, dass sogar die Spezifikationen für die Oberflächen des Gerinnes grosszügiger gehalten werden können, ist erst in den letzten Jahren wirklich klar geworden.
Häufige Schäden an Betonteilen von Hochwasserentlastungen (sowie auch an Grundablässen) haben dazu geführt, Kriterien für die Beschaffenheit der Betonoberflächen zu entwickeln [1, 2, 3]. Diese Kriterien fordern z.B. für Fliessgeschwindigkeiten von 35 m/s, dass Unebenheiten, vorstehende Betonteile respektive Absätze kleiner als 3 respektive 1 mm und kontinuierliche Neigungsänderungen kleiner als 1:50 sein sollen. Der Praktiker wendet sofort ein, dass solche Forderungen, vor allem unter Baustellenbedingungen in Drittweltländern kaum zu realisieren sind.
Mit dem künstlichen Eintrag von Luft in den Wasserstrahl hat nun dieses Problem einen erstaunlich einfachen und billigen Lösungsansatz gefunden. Die wertvollsten Erkenntnisse stammen aus Prototyperfahrungen und nicht aus Modellversuchen, weil Lufteintragsphänomene in der normalerweise benützten Froud'schen Modellähnlichkeit nur unvollständig abgebildet werden.
Die folgenden Erläuterungen können dem Entwerfer gewisse Anhaltspunkte geben, da etablierte «Regeln der Kunst» auf diesem Gebiet noch kaum bestehen.

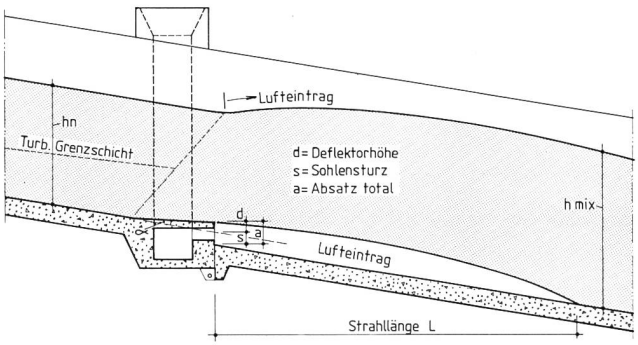
2. Die Wirkung der Luft im Wasser

Schon sehr wenig Luft im Wasser (von der Grössenordnung von 1% und weniger) erhöht die Kompressibilität des Gemisches um ein Vielfaches. Diese Tatsache kann leicht an einem modernen Wasserhahn mit Lufteintrittsdüse beobachtet werden: Der belüftete Strahl spritzt beim Auftritt auf einen Körper (z.B. Lavabo) weit weniger als ein unbelüfteter Strahl.
Im grossen Massstab resultieren aus einer Belüftung folgende Vorteile:
Kavitation: Überall, wo Wasser bei Geschwindigkeiten von mehr als 12 bis 20 m/s plötzliche Richtungsänderungen erfährt, ist Kavitation zu befürchten. Die infolge lokalem Unterdruck auftretenden Dampfblasen verursachen bei ihrem Verschwinden (Implodieren) Druckschläge, welche ihre Umgebung mechanisch beanspruchen und auf Materialien wie Beton verheerende Wirkung haben können. Durch den Lufteintrag wird nun einerseits der lokale Unterdruck vermindert, andererseits die Kompressibilität des Luft/Wasser-Gemisches erhöht und somit die Kavitationsgefahr stark reduziert oder ganz vermieden. Es können nun in der Praxis auch Risse im Beton, ja sogar grössere Unebenheiten (schlecht ausgearbeitete Fugen, usw.) leichter akzeptiert werden.
Oberfläche des abfliessenden Wassers: Infolge der erhöhten Kompressibilität können sich Unregelmässigkeiten wie z.B. Kreuzwellen weniger gut bilden und fortpflanzen. Die Folge davon ist eine gleichmässigere Wasseroberfläche.
Aufpralleffekte: Erfahrungen haben gezeigt, dass die Erosionswirkung (Kolkung) belüfteter Wasserstrahlen beim Aufprall in ein natürliches Tosbecken geringer ist als beim nicht belüfteten Strahl. Dazu dürften nebst der höheren Kompressiblität des Wasser/Luft-Gemisches auch die leicht reduzierte Geschwindigkeit und die geringere Dichte beitragen.

3. Massnahmen zum Lufteintrag

Ein natürlicher Lufteintrag in Freispiegelabflüssen stellt sich normalerweise dort ein, wo die turbulente Grenzschicht die Oberfläche erreicht. Da dieser Punkt aber im allgemeinen erst an einer Stelle erreicht ist, die etwa in einer Distanz von 100mal der Wassertiefe unterhalb des kri-

a) Konservative Lösung mit Luftzufuhrkanal und seitlichem Schacht.



b) Lufzufuhr durch Hohlraum nach Absatz und seitlichem Schacht oder Wandabsatz.

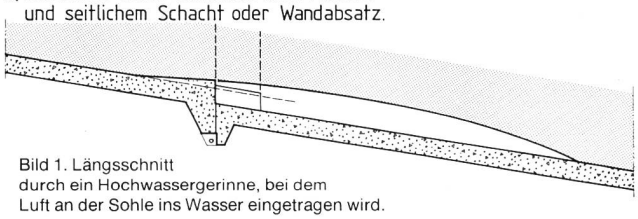


Bild 1. Längsschnitt durch ein Hochwassergerinne, bei dem Luft an der Sohle ins Wasser eingetragen wird.