Zeitschrift: Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria
Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband
Band: 74 (1982)
Heft: 5-6

Artikel: Die Nutzung der Donau zwischen Bratislava und Budapest
Autor: Gruner, Eduard
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-941136

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: 23.08.2025

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

jäh abgebrochener Bauart, wobei durch die Theorie der lebendigen Kräfte, von denen ein Teil ständig absorbiert werden möge, hauptsächlich die einzelnen Vorgänge bei Flüssigkeiten, die sehr viele Öffnungen passieren, erklärt werden, mit Hilfe vorausgeschickter allgemeiner Regeln für die jeweils zu bestimmenden Flüssigkeitsbewegungen.

9: Über die Bewegung von Flüssigkeiten, die nicht nur durch ihr eigenes Gewicht, sondern auch durch eine fremde Kraft ausgeworfen werden, wobei es sich vor allem um hydraulische Maschinen und um ihren äussersten Vervollkommnungsgrad handelt, den man ihnen geben kann.

10: Über die Beschaffenheit und Bewegung elastischer Flüssigkeiten, besonders der Luft.

11: Über die Flüssigkeiten, die zu einem Wirbel angetrieben werden, dann auch über solche, die in bewegten Gefässen enthalten sind.

12: Enthält eine neue Statik bewegter Flüssigkeiten, die «hydrauliko-statisch» genannt werden kann.

13: Über die Reaktion von Flüssigkeiten. Über das Mass der Wirkung, die daraus für die Navigation gewonnen werden kann, wobei zugleich eine neue Theorie zur Bestimmung des Stosses von Flüssigkeiten vorgelegt wird, die nach ihrem Ausfluss gegen eine Wand anlaufen.»

Dazu bemerken *Hunter Rouse* und *Simone Ince* treffend [4]:

«Bei der Behandlung dieser mannigfachen Themen schuf Bernoulli vieles, was neu war und dennoch selten mit seinem Namen in Zusammenhang gebracht wird. Beispielsweise begründete er die kinetische Gastheorie in ihren wesentlichen Aspekten . . . Er erarbeitete Lösungen für die Form der Wasseroberfläche oder anderer Flächen konstanten Druckes in beschleunigten und rotierenden Gefässen. Er verallgemeinerte das Problem der schwingenden Wassermasse in kommunizierenden Gefässen – dieses Problem war von Newton eingeführt und von Bernoullis Vater erweitert worden – indem er die Periode des einfachen Pendels als Referenzzeit einführte. Er war der erste, der die graduelle Entwicklung der Strömung in langen Rohren diskutierte. Und er entwickelte auch die Idee eines Stahlantriebes für Schiffe, obschon sein Konzept unter dem Umstand litt, dass er nur an die Reaktion des Gefässausflusses infolge der Schwerkraft allein dachte» (aus dem Englischen übersetzt).

Und *Paul Gerhard Franke* [2] schreibt in seiner kürzlichen Würdigung prägnant: «Daniel Bernoullis Hydrodynamik ist das erste Werk, in dem die Flüssigkeitsbewegung auf mathematischer Grundlage behandelt wird».

Der Ruhm Bernoullis

Auf *Daniel Bernoulli* fiel schon zu Lebzeiten der Glanz der Bernoulli-Dynastie, wie seine der Mathematik verpflichtete Verwandtschaft etwa genannt wird. Er besass aber, wie hier schon mehrfach geschildert, durchaus eine eigene Ausstrahlung und Bedeutung. Dies veranschaulicht unter anderem die von *Friedrich Huber* [6] wiedergegebene Anekdote:

«Es ist im Frühherbst des Jahres 1733. Auf einer Landstrasse in der Nähe von Paris holpert eine Postkutsche dem nächsten Dorf in östlicher Richtung entgegen. Ihre drei Insassen haben eben eine Pause eingeschaltet in das hochwissenschaftliche Gespräch, in das sie vertieft waren. Nun merken die drei Männer, dass sie einander ja noch gar nicht kennen. Der eine der beiden jüngeren Herren stellt sich seinem Gegenüber, einem lebhaften Franzosen vor: *Daniel Bernoulli.* Überrascht und verblüfft stutzt dieser einen Moment, doch hat er sich rasch gefasst, und im nächsten Augenblick schon blitzt der Schalk in seinen Augen auf: Mein Name ist *Newton.* Befriedigt lächelnd lehnt er sich wieder in die Polster zurück; er hat gut pariert und ist nicht auf den Scherz hereingefallen.

Doch der biedere Herr *Trant,* seines Zeichens Botaniker, hat sich getäuscht, wie er bald beschämt einsehen muss. Vor ihm sitzt wirklich der berühmte Mathematiker und Physiker *Daniel Bernoulli.* Doch diesen freut das indirekte Kompliment, diese Hochachtung vor dem Namen Bernoulli, und sein Leben lang hat er sich mit Vergnügen an die Episode erinnert.»

Der spontane Vergleich mit Newton unterstreicht, dass Bernoullis Verdienste vor allem im Gebiet der Physik, zu der ja die Hydromechanik gehört, begründet waren und es noch sind. Im übrigen schildert *Friedrich Huber* [6] die Bedeutung Bernoullis als Physiologe, etwa in der Hämodynamik, und als Statistiker aus medizinischer Sicht. Und aus einer Schrift von *Andreas Speiser* über die Basler Mathematiker [7] gehen die Leistungen Daniel Bernoullis in der Mathematik, insbesondere in der Wahrscheinlichkeitsrechnung, hervor.

Literatur:

[1] *Fueter Eduard:* Grosse Schweizer Forscher. Atlantis Verlag, Zürich, 1941, mit einem Kapitel von Otto Spiess: Daniel Bernoulli S. 126–128.

[2] *Franke Paul-Gerhard:* Daniel Bernoulli zum 200. Todestag. «Wasserwirtschaft» 72 (1982) 5.

[3] *Flierl Karl:* Des Daniel Bernoulli Hydrodynamik (Übersetzung des Originalwerkes). Veröffentlichung des Forschungsinstitutes des Deutschen Museums für die Geschichte der Naturwissenschaften und der Technik. Reihe C, 1 a, München 1965.

[4] *Flierl Karl:* Anmerkungen zu Daniel Bernoullis Hydrodynamica. Reihe C wie oben, 1 b, München 1965.

[5] *Rouse Hunter, Simone Ince:* History of Hydraulics. Iowa Institute of Hydraulic Research, Iowa City 1957, and Dover Publications, New York 1963.

[6] *Huber Friedrich:* Daniel Bernoulli als Physiologe und Statistiker. Benno Schwabe Verlag, Basel 1959.

[7] *Speiser Andreas:* Die Basler Mathematiker. 117. Neujahresblatt der Gesellschaft zur Beförderung des Guten und Gemeinnützigen, Verlag Helbing und Lichtenhahn, Basel 1939.

Adresse des Verfassers: Prof. Dr. *Daniel Vischer,* Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie der ETH Zürich, 8092 Zürich.

Die Nutzung der Donau zwischen Bratislava und Budapest

Eduard Gruner

Das Tschechoslowakische Talsperrenkomitee veranstaltete in Bratislava vom 28. September bis 1. Oktober 1981 seine 18. Jahrestagung. Einem Kreise von 382 Teilnehmern, wovon 83 Ausländer waren, wurde dabei der Plan für die Nutzung der Donau von Bratislava bis Budapest gezeigt. An diesem Fluss wurde erst in neuerer Zeit mit dem Bau einer Kaskade von Wasserkraftwerken begonnen. Im österreichischen Abschnitt waren 12 Werke geplant, von denen 6 bereits im Betrieb stehen, während 2 im Bau sind. Der schwierigste Abschnitt lag im «Eisernen Tor», wo Jugoslawien und Rumänien das Werk Djerdap erstellt haben. Sie haben seither stromabwärts auch den Bau von Djerdap 2 eingeleitet. Der mittlere Abschnitt blieb bisher unberührt. Wegen einer Verminderung des Gefälles wird darin Geschiebe abgesetzt, das darum als Furtenabschnitt gilt. Dieser Abschnitt misst 220 km, wovon 142 km die Staats-

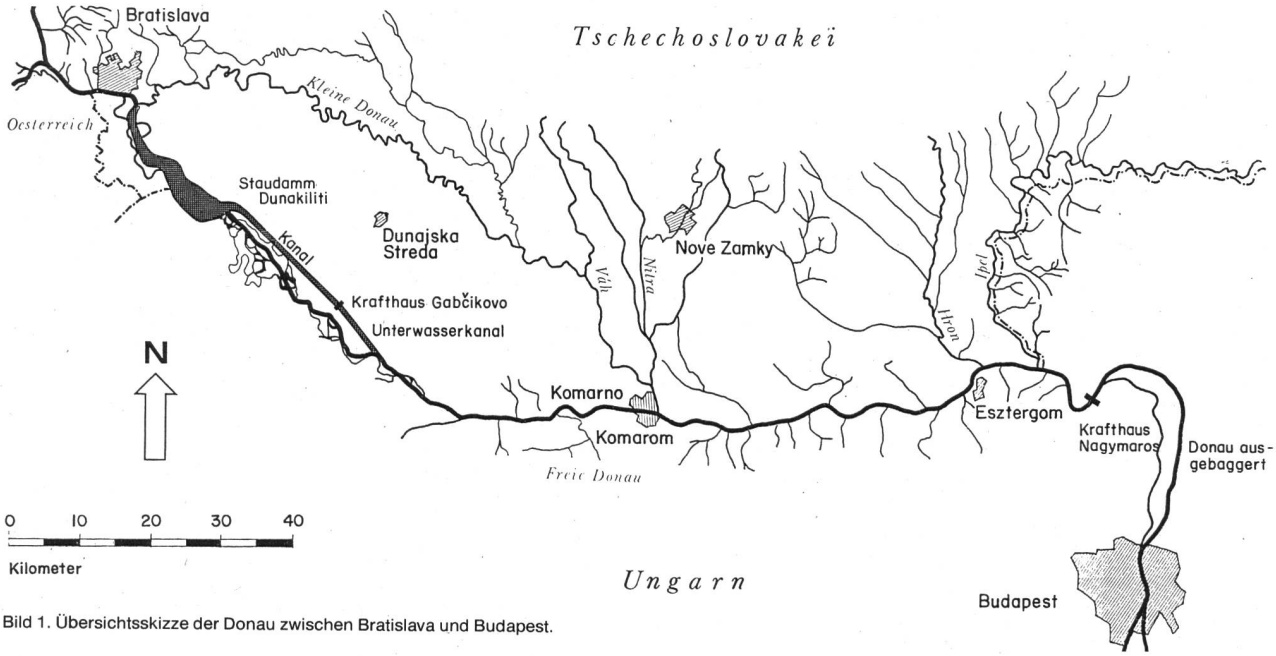

Bild 1. Übersichtsskizze der Donau zwischen Bratislava und Budapest.

grenze zwischen der Tschechoslowakischen Sozialistischen Republik und der Ungarischen Volksrepublik bilden.

Durch das Kraftwerksystem Gabćikovo-Nagymaros, soll eine komplexe Nutzung der Donau geschaffen werden, die ausser dem bisherigen Schutz gegen Hochwasser der Kraftnutzung dient, die Schiffahrt erleichtert, eine industrielle Entwicklung fördert, der Landwirtschaft zur Bewässerung dient sowie der Erholung und dem Sport zugute kommt.

Das Kraftwerk Gabćikovo

Das Werk Gabćikovo soll als Spitzenwerk betrieben werden, wozu bis zu 60 Mio m³ Donauwasser täglich im Überschwemmungsgebiet zwischen Bratislava und der Wehrstelle Dunakiliti gespeichert werden sollen. Darin gehen leider 2800 ha fruchtbaren Bodens verloren. Der Zubringerkanal soll 17 km lang sein und einen Durchfluss von bis zu 5000 m³/s ermöglichen. Seine Tiefe wird von 12 auf 23 m zunehmen. Die Energieerzeugung geschieht über ein Gefälle von 23,2 m in 8 Kaplanturbinen mit einer installierten Gesamtleistung von 720 MW. Die Schiffahrt wird den Oberwasser- und den Unterwasserkanal mitbenützen, die durch eine Schleuse mit zwei Kammern von je 275 × 34 m bei einer Schwellentiefe von 4,5 m verbunden werden. Das Kraftwerk liegt in der Donauniederung auf mächtigen Dekken von Sedimenten. Krafthaus und Schiffschleusen sollen in weiten Wannen erbaut werden. Deren Wände werden durch im Boden gegossene Pfahlwände von 60 cm Stärke errichtet. Der Boden der Baugrube wird in 42 bis 47 m Tiefe durch Injektion der sandigen Schotterschichten mit selbst erstarrender Lehmsuspension von 7 m Mächtigkeit abgedichtet. Vom Wasserkraftwerk Gabćikovo führt ein Unterwasserkanal von 8,2 km Länge zur Donau bei Palkovićovo. Sein Profil ist schlüsselförmig. Ausser der Rückgabe des Wassers aus dem Werk, soll er auch der Schiffahrt und der Ableitung eines Teiles des Hochwassers dienen. Nach seiner Mündung wird das Bett der Do-

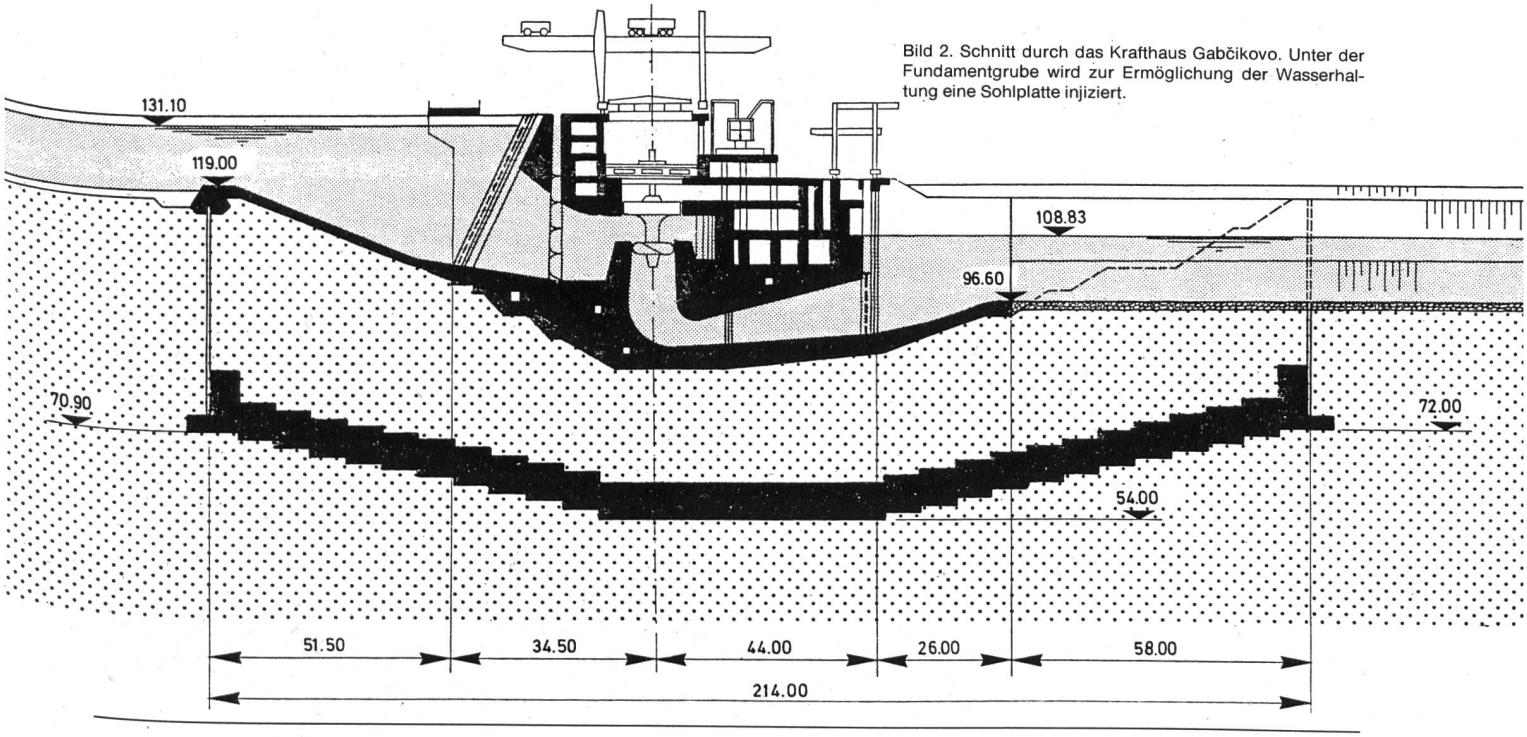

Bild 2. Schnitt durch das Krafthaus Gabčikovo. Unter der Fundamentgrube wird zur Ermöglichung der Wasserhaltung eine Sohlplatte injiziert.

nau auf einer Länge von 20 km vertieft. Für eine Wasserführung von 4000 m³/s ergibt sich daraus ein zusätzliches Gefälle von 1,7 m. Zur Anpassung der Vertiefung muss auch oberhalb der Einmündung auf 5 km eine Ausgleichung des Bettes vorgenommen werden.

Das Werk Nagymaros

Das Wasserkraftwerk Nagymaros ist ein Flussstauwerk, das den Spitzenbetrieb des Kraftwerkes Gabćikovo ausgleichen soll. Dadurch soll der Schiffahrt unterhalb von diesem Werkkomplex normale Wasserführung geboten werden. Sein Stau wird im Gebiet der Donau zwischen den Schutzdämmen liegen. Das Wehr im Fluss wird 7 Felder von 24 m Breite haben. Sie werden mit Segmentstützen von 8 m Höhe ausgerüstet, wozu eine Klappe von 3,3 m kommt. Der Staustufe steht ein Höhenunterschied von 0 bis 6,8 m zur Verfügung. Das Wasser wird in 6 Rohrturbinen mit einer Gesamtleistung von 158 MW genutzt. Die Schiffschleuse hat 2 Kammern von 275 × 34 m. Das Werk kann auf Andesitfelsen gegründet werden. Das im Unterwasser liegende Bett der Donau wird vertieft, womit für den Durchfluss von 3000 m³/s eine Absenkung des Wasserspiegels von 0,8 m entsteht.
Die zwischenstaatlichen Verhandlungen zu dieser Planung wurden 1952 aufgenommen und ergaben 1977 einen Staatsvertrag zwischen der Tschechoslowakischen Sozialistischen Republik und der Ungarischen Volksrepublik. Die beiden Nachbarstaaten sehen eine Erstattung der Baukosten und eine Nutzung des Stromes zu gleichen Teilen vor. Die Vorbereitungsarbeiten am Kraftwerk Gabćikovo begannen unter slowakischer Leitung am 1. April 1978, und der Probebetrieb ist für Mitte 1986 vorgesehen. Das Werk Nagymaros soll unter ungarischer Leitung stehen, und sein Probebetrieb ist für Mitte 1989 geplant.

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

Schlammentwässerung

Neue Erkenntnisse im Bau von Siebbandpressen

Hugo Steinemann

1. Einleitung

Siebbandpressen, ausgereifte, technisch hochwertige Maschinen, werden sowohl für die Entwässerung von Industrie- wie auch von Kommunalschlämmen mit Erfolg eingesetzt.
Die zunehmenden Schwierigkeiten, den Klärschlamm direkt an die Landwirtschaft abzugeben, lassen der Schlammentwässerung in den nächsten Jahren in der Abwassertechnik eine zentrale Bedeutung zukommen.
Bei der Auswahl des Entwässerungssystems bildet der im Presskuchen erreichbare Trockensubstanzgehalt das Hauptkriterium, wobei immer die Relation zu den Investitions-, Energie- und Hilfsmittelkosten beachtet werden muss.
Die Siebbandpresse zeichnete sich schon bis anhin durch ihre grosse Wirtschaftlichkeit aus. Die erreichbaren Feststoffwerte lagen zwischen 25 und 30% TS für kommunale Schlämme. Für höhere Werte mussten bisher Kammerfilterpressen mit entsprechend hohem Aufwand an Energie- und Investitionskosten eingesetzt werden.
Durch langjährige wissenschaftliche und praktische Arbeit ist es der Voest-Alpine AG gelungen, neue Massstäbe in

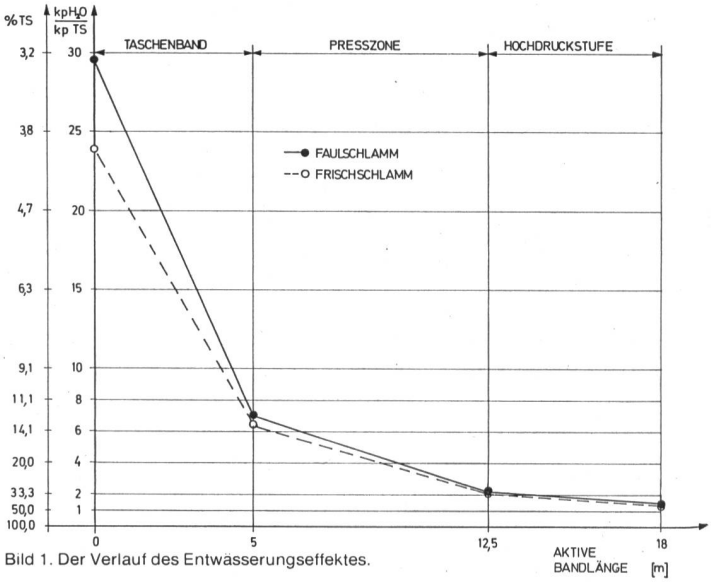

Bild 1. Der Verlauf des Entwässerungseffektes.

der Siebbandpressentechnik zu setzen. So stehen heute Voest-Alpine-Siebbandpressen im Betrieb, die kommunale Schlämme bis auf über 35% Feststoffgehalt entwässern. Solche Schlämme lassen sich anschliessend ohne Zusatzenergie verbrennen.

2. Grundlagen

Diese bemerkenswerten Resultate werden durch die Anwendung folgender Erkenntnisse erreicht:
– Die Qualität der statischen Vorentwässerung ist entscheidend für die Wirksamkeit des nachfolgenden Pressvorgangs oder, anders gesagt, jedes zusätzliche Feststoffprozent nach der Vorentwässerung wirkt sich im Endgehalt des Schlammkuchens aus.
– Das ausgepresste Filtrat muss an jeder Stelle, insbesondere aber in der Presszone, ungehindert abfliessen können, ohne dass eine Wiederbenetzungsgefahr besteht (T-Trommel).
– Mit einer dem Pressvorgang nachgeschalteten Hochdruckstufe kann der Feststoffgehalt bis um etwa 6% TS erhöht werden.
Im folgenden werden die entsprechenden verfahrenstechnischen Massnahmen beschrieben.

3. Taschenbandvorentwässerung

Die Taschenbandvorentwässerung besteht aus einer separaten Stufe mit eigenem, regelbarem Antrieb (Bild 2,
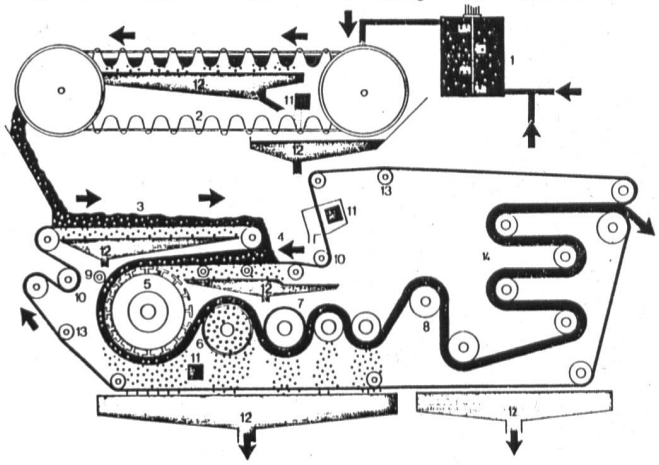
Bild 2. Prinzipschema der Siebbandpresse.
1 Mischreaktor 5 T-Trommel 9 Andrückrolle 12 Filtratauffang
2 Taschenband 6 Lochtrommel 10 Spannrolle 13 Bandregulierung
3 Seihzone 7 Druckrollen 11 Spritzeinrichtung
4 Keilzone 8 Antriebstrommel 14 Hochdruckstufe