

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 123/124 (1944)  
**Heft:** 14

**Artikel:** Holzerzeugung und Holztransport bei pfleglicher Waldwirtschaft  
**Autor:** Knuchel, M.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-54027>

#### **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>**

wird nun von besonderem Interesse sein, zu untersuchen, wie stark diese Zugspannungen im Beton mittels einer Armierung reduziert werden können und wie stark dabei die Armierung beansprucht wird. Anschliessend soll dann noch die Spannungsberechnung durchgeführt werden unter der Annahme, dass der Beton eine grosse Anzahl radialer Risse aufweise.

#### a) Beton nicht gerissen

Wir müssen voraussetzen, dass der Zusammenhang zwischen Beton und Fels einerseits und Beton und Rundseisen andererseits nicht gestört sei. Um die Rechnung nicht unnötig beschwerlich zu gestalten, wird zudem die vereinfachende Annahme getroffen, dass der Radius der Armierung gleich dem Innenradius der Betonauskleidung sei ( $a$  in Abb. 5).

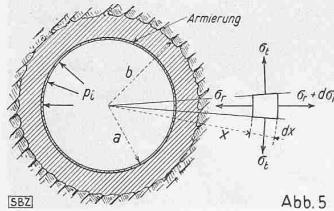


Abb. 5

An der Uebernahme des Innendruckes beteiligen sich nun kraft ihres elastischen

Verformungsvermögens nebst dem Beton und dem Felsmantel auch die Rundseisen, die wir uns über die Stollenlänge gleichmässig verteilt denken. Diesem Zusammenspiel müssen wir

beim Ansatz der Randbedingungen Rechnung tragen. Für den Verlauf der Spannungen im Beton und im Felsen können jedoch wieder die allgemeinen Ausgangsgleichungen wie bisher benutzt werden:

#### Beton:

$$\sigma_t^B = \frac{m E_B}{m^2 - 1} \left[ B_B (m + 1) + \frac{C_B}{x^2} (m - 1) \right]$$

$$\sigma_r^B = \frac{m E_B}{m^2 - 1} \left[ B_B (m + 1) - \frac{C_B}{x^2} (m - 1) \right]$$

$$u^B = B_B x + \frac{C_B}{x}$$

#### Fels:

Durch die Bedingung, dass  $(\sigma_r^F)^x=\infty = 0$  sein muss, wird die Integrationskonstante  $B_F = 0$ . Die Grundgleichungen lauten daher in der vereinfachten Form

$$\sigma_t^F = \frac{m E_F}{(m + 1) x^2} C_F = -\sigma_r^F$$

$$u^F = \frac{C_F}{x}$$

#### Armierung:

$u^A$  = Radialverschiebung der Armierung

$\sigma_e$  = Eisenspannung (tangential)

$\sigma_r^A$  = radiale Eisenspannung

$E_e$  = Elast.-Modul des Eisens

$F_e$  = Querschnitt des Eisens pro Einheit der Stollenlänge

#### Randbedingungen:

$$(\sigma_r^F)^x=b = (\sigma_r^B)^x=b \quad \dots \quad (1)$$

$$(\sigma_r^B)^x=a - \sigma_r^A = -p_i \quad \dots \quad (2)$$

$$(u^B)^x=b = (u^F)^x=b \quad \dots \quad (3)$$

Vorerst bedarf die Gleichung (2) noch einiger Erläuterungen, da der Wert der Spannung  $\sigma_r^A$  noch unbekannt ist. Wir wissen nur, dass sie durch die Anspannung der Eisen nach innen auf den Beton und daher der Betondruckspannung entgegenwirkt. Nun ist aber

$$(u^B)^x=a = u^A$$

$$\text{und } (u^B)^x=a = B_B a + \frac{C_B}{a}$$

$$u^A = \frac{a \sigma_e}{E_e}$$

Daraus ergibt sich

$$\sigma_e = \frac{E_e}{a} \left( B_B a + \frac{C_B}{a} \right)$$

Nach der Kesselformel ist  $\sigma_e = \frac{a \sigma_r^A}{F_e}$

Wenn wir diese Ausdrücke für  $\sigma_e$  einander gleichsetzen, und nach  $\sigma_r^A$  auflösen, erhalten wir

$$\sigma_r^A = \frac{E_e F_e}{a^2} \left( B_B a + \frac{C_B}{a} \right)$$

Damit können wir zur Bestimmung der Integrationskonstanten übergehen:

$$C_F = \frac{E_B}{E_F} C_B - \frac{b^2 E_B (m + 1)}{E_F (m - 1)} B_B \quad \dots \quad (1)$$

$$B_B \left( \frac{m E_B}{m - 1} - \frac{E_e F_e}{a} \right) - C_B \left[ \frac{m E_B}{(m + 1) a^2} + \frac{E_e F_e}{a^3} \right] = -P_i \quad (2)$$

$$C_F = E_B b^2 + C_B \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad (3)$$

Auch hier dürfen wir uns die algebraische Darstellung der Unbekannten  $B_B$ ,  $C_B$  und  $C_F$  ersparen, umso mehr als im gegebenen Falle durch Einsetzen der bekannten Zahlenwerte die Arbeit stark erleichtert wird. Als Beispiel diene wiederum der in den vorhergehenden Kapiteln untersuchte Stollenquerschnitt,

$$a = 100 \text{ cm} \quad b = 120 \text{ cm} \quad p_i = 10 \text{ kg/cm}^2 \quad m = 6$$

$$E_e = 2100000 \text{ kg/cm}^2 \quad E_B = 200000 \text{ kg/cm}^2$$

$E_F$  und  $F_e$  seien variabel, wobei jedoch zu beachten ist, dass der Eisenquerschnitt pro cm Stollenlänge eingeführt wird.

Durch Berechnung der Unbekannten  $B_B$ ,  $C_B$  und  $C_F$  für verschiedene Werte von  $E_F$  und  $F_e$  und nachheriges Einsetzen in die Spannungsgleichungen wurde der Verlauf der Tangentialspannung im Beton an der Inneneinbung und der Verlauf der Eisenspannung erhalten, wie er in den Abbildungen 6 und 7 dargestellt ist.

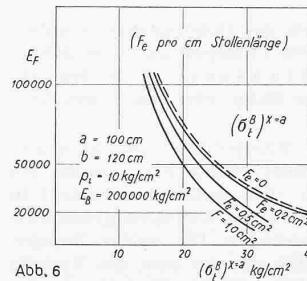


Abb. 6

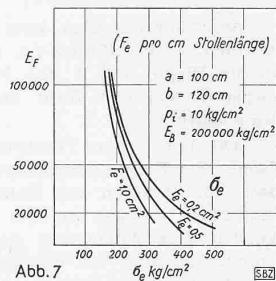


Abb. 7

Es gehen aus den Diagrammen folgende zwei Tatsachen mit aller wünschbaren Deutlichkeit hervor: Die Armierung kann bei weitem nicht ausgenutzt werden. Als zweites muss festgestellt werden, dass die tangentiale Zugspannung im Beton durch die Armierung ganz unwesentlich vermindert wird, sodass trotz der Bewehrung mit dem Reissen des Betons gerechnet werden muss. (Schluss folgt)

## Holzerzeugung und Holztransport bei pfleglicher Waldwirtschaft

Von Prof. Dr. H. KNUCHEL, Abteilung für Forstwirtschaft a. d. E.T.H.

(Schluss von Seite 176)

### 3. Holzrüstung, Holztransport und Transporteinrichtungen

Eine verfeinerte Waldwirtschaft kann nur bei sehr guter Aufschliessung der Wälder durch Strassen, Schleifwege und andere Transporteinrichtungen getrieben werden, die gestalten, jederzeit und überall Bäume der verschiedensten Grössenklassen zu fällen und abzutransportieren. Die Aufschliessung unserer Wälder ist in den letzten Jahrzehnten ungemein gefördert worden, zum Teil mit Unterstützung des Bundes. Alle Projekte werden sorgfältig geprüft, und es werden Beiträge nur für gut angelegte Transporteinrichtungen gewährt. Im Laufe der Zeit wurden Erfahrungen gesammelt, die beim Bau neuer Transporteinrichtungen zu berücksichtigen sind. Es seien hier nur einige forstliche Gesichtspunkte berührt.

Aus den Schlägen wird das Holz zunächst an die Wege oder auf Sammelplätze geschleift. Man nennt das Rücken. An den Wegen werden aus gleichartigen Stücken Lose gebildet, was man Sortieren nennt. Es folgt die Schlagaufnahme, durch die das Holz von der Verwaltung übernommen wird; sie ist verbunden mit der Kontrolle der Rüstung und der Maße, sowie mit der Schätzung des Wertes jeder Verkaufsnr. Dann werden die Maßlisten erstellt und das Holz zum Verkauf ausgeschrieben. Mit Ausnahme des Papierholzes und gelegentlich auch anderer Sortimente wird das Holz in den Wäldern des Mittelalpens und des Jura ab Wald verkauft, d. h. die Preise verstehen sich für im Schlag liegendes oder an die Wege und auf Lagerplätze gerücktes Holz. Im Gebirge werden die Rüstung und Beifahr meist an Akkordanten vergeben, und die Preise verstehen sich dann ab Lagerplatz der Talstation.



Abb. 1. Riesweg in den Ostalpen



Abb. 2. Langholzsleifen (Stadtwald Chur)



Abb. 3. Drahtseilriese (Graubünden)

Wir können also zwei Phasen des Holztransportes unterscheiden: 1. das **Rücken**, d. h. den Transport aus dem Schlag an die Wege, und 2. den **Ferntransport**, d. h. den Abtransport aus dem Wald nach der Bahn oder nach dem Verbrauchsor.

Die Lehre vom Transport der Waldprodukte ist ein junger Zweig der Forstwissenschaft. Früher dachte niemand an den Bau von Strassen zur Holzabfuhr, und noch heute besteht in Gegenenden, in denen darüber noch keine Erfahrungen gesammelt wurden, eine Abneigung gegen Auslagen für solche Zwecke. Umgekehrt sind die Waldeigentümer da, wo man die Vorteile der Waldstrassen kennen gelernt hat, mit der Fortsetzung der Bauten meist einverstanden. Die Kosten der Waldwege können in einzelnen Fällen schon aus dem Erlös des im Wegausrieb anfallenden Holzes und aus Durchforstungen in der nächsten Umgebung bestritten werden; häufig sind die Fälle, in denen Wege aus den Mehrnutzungen im Einzugsgebiet in wenigen Jahren amortisiert werden können; aber es gibt auch Fälle genug, namentlich in den Bergen, in denen man sich fragen muss, ob der Bau eines Weges die Kosten lohnt. In den Bergen können Waldwege daher in der Regel nur erstellt werden, wenn dafür Beiträge aus öffentlichen Kassen gewährt werden.

Wie dem schon Gesagten zu entnehmen ist, sind der Mechanisierung des Holztransportes bei uns ziemlich enge Grenzen gezogen. Die Dezentralisierung der Nutzungen hat nicht nur zur Folge, dass am gleichen Ort nur verhältnismässig kleine Holzmassen anfallen, sondern sie erfordert auch viel mehr Sorgfalt bei der Fällung und beim Rücken als der Kahl- und Saumschlagbetrieb. Schäden am bleibenden Bestand und am Jungwuchs, die bei den grossen Massen und Kräften, die im Spiel sind, nicht ganz vermieden werden können, sind auf ein Mindestmaß zu beschränken. Beim Rücken ist der Zug mit Pferden oder Ochsen dem mechanischen Zug im allgemeinen

vorzuziehen. Die Tiere bleiben einfach stehen, wenn die Last anstösst, während eine Maschine nicht so rasch abgestellt werden kann. Es empfiehlt sich übrigens, die in der Landwirtschaft während des Winters nicht voll beschäftigten Zugtiere im Wald zu verwenden, und zwar nicht nur für Arbeiten, die mit Traktoren nicht bewältigt werden können. Für den Ferntransport kommen moderne Traktionsmittel eher in Betracht. Es sind aber in der Regel nicht die Forstverwaltungen, die sich mit deren Anschaffung zu befassen haben, sondern private Unternehmer. Immerhin ist die Waldwirtschaft an der Entwicklung leistungsfähiger Fuhrwerke interessiert. Sie muss unter Umständen beim Bau der Strassen auf Neukonstruktionen, z. B. grossräumige Brennholz-Lastwagen, Rücksicht nehmen und deren Einführung begünstigen.

Bei der Beurteilung der verschiedenen Transportarten und Transporteinrichtungen müssen wir uns auf Aufzählungen und kurze Erläuterungen an Hand weniger Bilder beschränken. Immerhin sollen dabei alle Stufen der Holzgewinnung vom rohen Exploitationsbetrieb bis zur hochentwickelten Plenterwirtschaft gestreift werden, um zu zeigen, in welchem Dilemma der Forstmann sich oft befindet, wenn er abwägen muss zwischen dem, was unmittelbar «rentiert» und dem, was ihm sein Gewissen vorschreibt, nämlich die Jahrzehnte zum voraus planende Sorge für spätere Geschlechter. In der Regel ist er darauf angewiesen, einen Mittelweg einzuschlagen zwischen dem, was waldpflegerischen Standpunkt aus erwünscht, und dem, was wirtschaftlich noch zu verantworten ist.

Als Transportarten kommen in Frage: Tragen des Holzes aus dem Schlag; Schleifen durch menschlichen, tierischen (Abb. 2) oder motorischen Zug; Schlitten auf blossem Boden oder auf Schnee; Fahren mit Fuhrwerken aller Art (Abb. 4, u. 5); Gleiten und Stürzen in der Richtung des grössten Gefälls; Gleiten auf besondern Gleitbahnen (Abb. 1); Abseilen; Transport am hängenden Draht (Abb. 3); Transport zu Wasser, ungesteuert (Trift, Abb. 6 u. 7); Transport zu Wasser, gesteuert (Flösserei).

Dementsprechend unterscheiden wir folgende Transporteinrichtungen: Strassen; Erdwege; Schlittwege; Schleifwege; Rieswege; Erdriesen; Holzriesen; Drahtriesen; Drahtseilriesen, Drahtseilbahnen; Waldbahnen; Kabelschlepper (Skidder); Triftgewässer und Triftkanäle; Flössereigewässer.

Die Aufschliessung eines Waldes soll stets als eine einheitliche Arbeit gelöst werden, indem nach einem sorgfältig studierten generellen Bauplan gearbeitet wird. Am wichtigsten sind für uns die Wege. Das generelle Wegnetz ist in die Wirtschaftspläne aufzunehmen und im Gelände durch Fusswege längs den Weglinien festzulegen. Dabei ist nicht nur die Holzabfuhr zu berücksichtigen, sondern die ganze Waldwirtschaft. Die Waldwirtschaft wird durch ein gut angelegtes Wegnetz beweglicher. Besonders wird die Ausführung von Durchforstungen gefördert, indem die Bestände leichter begangen und die anfallenden Hölzer besser verwertet werden können. Die Bestände werden besser geschont, die Nutzholzausbeute wird erhöht, die Unfallgefahr verringert. Mit der Erstellung besserer Abfuhrmöglichkeiten steigen die Preise aller Sortimente und der Verkauf wird erleichtert. Es können alle Waldteile gleichmässig behandelt

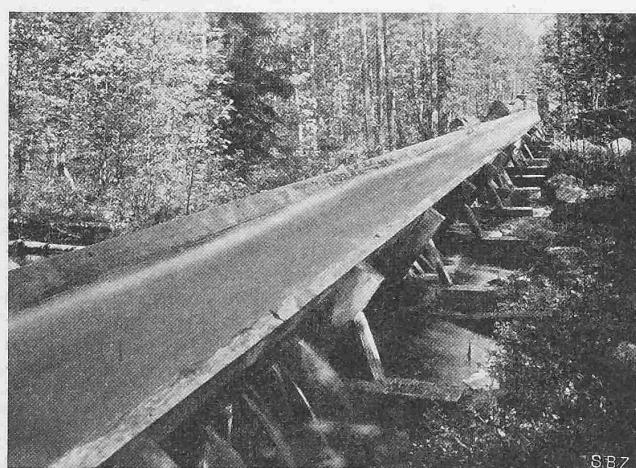


Abb. 7. Hölzerner Triftkanal in Schweden

## HOLZERZEUGUNG UND HOLZTRANSPORT BEI PFLEGLICHER WALDWIRTSCHAFT

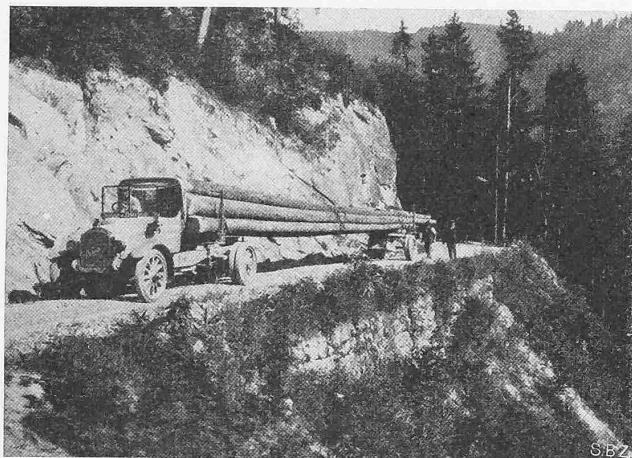


Abb. 4. Waldstrasse für Langholztransporte (Zugerberg)



Abb. 5. Raupenschlepper mit Schlitten für Papierholztransport (U.S.A.)

werden, während bei unvollkommener Aufschliessung immer die Gefahr der Uebernutzung in den näher gelegenen Waldteilen besteht. Das Wegnetz leistet auch gute Dienste bei Kulturaufgaben, bei Windfall-, Lawinen- und Brandkatastrophen.

Waldstrassen und Schlittwege haben vor allen andern Transporteinrichtungen den grossen Vorteil, dass sie von jedermann und jederzeit benützt werden können. Der Bau von Strassen und Schlittwegen steht daher bei uns bei der Waldaufschliessung im Vordergrund. Andere Transporteinrichtungen kommen nur als ergänzende Anlagen und in besonderen Fällen in Betracht. Die Anlagekosten sind nicht allein massgebend. Es ist auch zu berücksichtigen, dass das für den Strassenbau ausgegebene Geld der Gebirgsbevölkerung zufließt, die nicht auf Rosen gebettet ist. Sie erhält mit den Strassen bessere Verdienstmöglichkeiten infolge vermehrter Holzrüstung, verbilligten Transport, dauernde Hebung des Waldzustandes, grössere Konkurrenzfähigkeit gegenüber günstiger gelegenen Gebieten, Verkehr aller Art. Gute Anlage ist zu empfehlen, weil Subventionen nur für den Bau, nicht aber für den Unterhalt der Transporteinrichtungen gewährt werden. Auch hängen die Kosten des Unterhaltes sehr stark von der Güte der Anlage ab.

Bei der Neuaufschliessung ganzer Waldgebiete wird man zu entscheiden haben, wo Strassen oder Schlittwege und wo andere Transporteinrichtungen gebaut werden sollen. Da, wo die Wege keinen andern Zwecken dienen haben als dem Holztransport und wo aufwärts nur leere Fuhrwerke oder Schlitten fahren, wird man andere Normalien anwenden als da, wo auch mit landwirtschaftlicher Benützung und Aufwärtstransport zu rechnen ist. Im ersten Fall können Rieswege, Holzriesen, Seilbahnen, Waldeisenbahnen am Platze sein, während im zweiten Fall, der bei uns weitaus der häufigste ist, der Strasse, in den Bergen dem Schlittweg der Vorzug gegeben wird. Meist kommt Lastentransport nur in einer Richtung vor, sodass die Wege nur einspurig angelegt zu werden brauchen, mit einer genügenden Zahl von Ausweichstellen für Fuhrwerke aus der Gegenrichtung. Auch kommen keine grossen Geschwindigkeiten vor, was eine bessere Anschmiegung der Weglinie an das Gelände und damit eine grosse Kostensparnis gestattet. Diese Anschmiegung ist aber auch geboten, weil jeder Damm und jeder Einschnitt das Rücken und Lagern des Holzes erschwert. Waldwege dienen nicht dazu, um möglichst rasch von einem Punkt zum andern zu gelangen, sondern sie dienen in erster Linie dazu, das Holz eines bestimmten Waldteiles aufzufangen. Um alle Waldteile aufzuschliessen, wird man sich daher bei der Aufstellung des generellen Wegnetzes mit Vorteil eines Kurvenplanes bedienen. Aber die Aussteckung im Gelände ist nicht zu umgehen, wobei auch die Anlage der Schleif- und Fusswege zu studieren ist. Hauptwege sollen im allgemeinen nicht mehr als 8 bis 10 % Gefälle haben; da, wo auch Aufwärtstransport vorkommt, darf man nicht über 5 % gehen. Das Gefälle ist auszugleichen, zum mindesten so, dass Gegensteigungen vermieden werden. Da, wo auch Schlittentransport vorkommt, namentlich aber beim Bau von Wegen, die nur mit Schlitten benützt werden, sind die in den letzten Jahren gesammelten Erfahrungen zu berücksichtigen, über die in der «Schweiz. Zeitschrift für Forstwesen» wiederholt berichtet worden ist.

In den Wäldern der Niederung wird von den Holzkäufern das grösste Gewicht auf die Aushaltung von Langholz gelegt. Wo solches transportiert werden soll, müssen die Kurven mit 15 bis 25 m Radius gebaut werden. Hinsichtlich der Dichte des Wegnetzes hat man sich nach der Fruchtbarkeit der Standorte und der Intensität der Bewirtschaftung zu richten. Im Mitteland, auf ebenem oder fast ebenem Boden und guten Standorten rechnet man mit Abständen von 150 m von Strasse zu Strasse; auf schlechten Standorten begnügt man sich mit 200 m Abstand. Am Steilhang wird der Bau erschwert, das Reisten dagegen erleichtert; man wird daher die horizontalen Abstände etwa gleich wählen wie in der Ebene, obwohl nur einseitige Benützung der Wege möglich ist.

Die Vor- und Nachteile anderer Transporteinrichtungen können je nach den Verhältnissen grösser oder kleiner sein. Wenn solche Einrichtungen in Frage kommen, genügt es nicht, die Spezialliteratur zu konsultieren, sondern es empfiehlt sich, den Rat von Leuten mit genügender Erfahrung im Bau solcher Anlagen einzuholen.

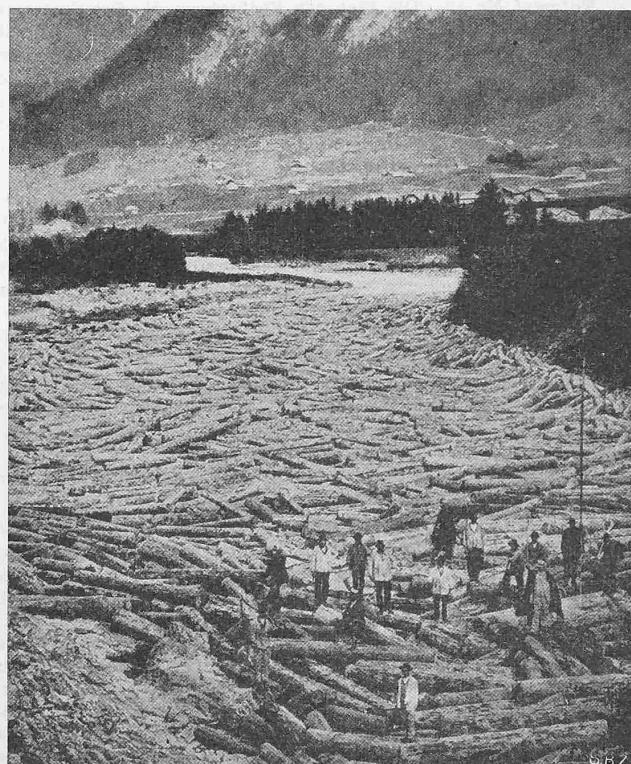


Abb. 6. Holztrift in der Saane (1894)