Zeitschrift: Wasser- und Energiewirtschaft = Cours d'eau et énergie
Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband
Band: 46 (1954)
Heft: 3

Artikel: Kriechprobleme im Boden, Schnee und Eis
Autor: Haeferli, R.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-921400

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: 15.10.2025

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

Herbst 1958: Fertigstellung der Staumauer Zervreila und Vollbetrieb der Kraftwerke.

Von den bekannten Bündner Bauunternehmungen sind die Firmen Hew & Co. und Prader & Cie., beide in Chur, mit Stollenbauarbeiten beschäftigt. Im Herbst 1953 ist durch die Unternehmung Th. Bertschinger AG, Zürich, von Safien Platz aus der Vortrieb des Stollens Wanna—Safien in Angriff genommen worden. Die Stollen- und Druckschachtbauten für die unterste Stufe Safien Platz – Rothenbrunnen werden demnächst in Angriff genommen.

Die mit dem Bau der Staumauer beauftragte «Arbeitsgemeinschaft Staumauer Zervreila» [4] hat gegen Ende Sommer 1953 mit den Installationsarbeiten und mit dem Aushub begonnen.

Die in den nächsten Jahren im Valser- und Safiental sowie teilweise im Domleschg zu erwartende intensive Bautätigkeit, durch welche Talbewohnern abgelegener Talschaften Arbeit verschafft wird, unterstreicht auch die wirtschaftliche Bedeutung des Kraftwerkbaues Zervreila für das eigentliche Baugebiet und darüber hinaus für den Kanton Graubünden.

[4] Bestehend aus den Firmen AG Heinr. Hatt-Haller, Zürich; Schafir & Mugglin AG, Zürich; Hew & Co., Chur; Prader & Cie., Chur; Sigrist-Merz & Grüebler AG, St. Gallen; Toneatti & Co., Bilten.

Kriechprobleme im Boden, Schnee und Eis

Von *R. Haefeli*, a. o. Professor für Erdbaumechanik, Schneekunde und Lawinenverbau. Versuchsanstalt für Wasserbau und Erdbau an der ETH (VAWE), Zürich [1]

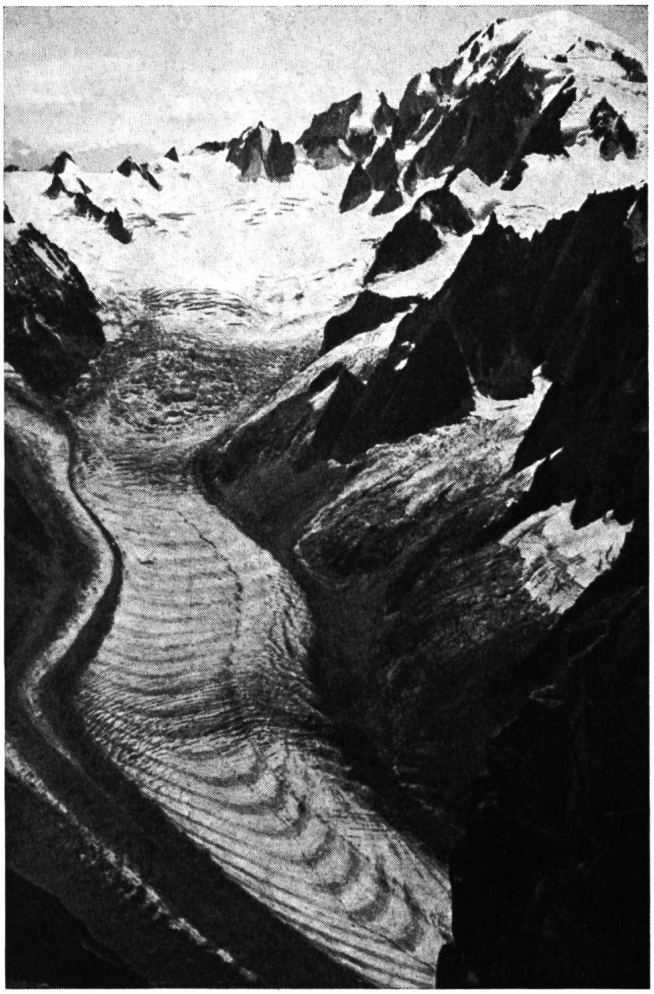
DK 551.3

I. Einleitung

Wie einem versteckten Urmotiv des Naturgeschehens begegnet man in den Alpen auf Schritt und Tritt den mannigfaltigen Auswirkungen von Kriechvorgängen, die sich in der Schneedecke, im Boden oder im Gletscher vollziehen. Darin spiegelt sich nicht nur die lapidare Tatsache, daß der Faktor Zeit diese Naturphänomene beherrscht, sondern vor allem der allgemeine Charakter der Kriech- bzw. Fließprozesse, mit denen sich — ganz abgesehen von der Bodenmechanik — die verschiedensten Gebiete der Materialkunde der Technik und der Naturwissenschaften befassen. Handelt es sich doch beim Kriechen um einen Prozeß, dem streng genommen nicht nur alle Lockeraggregate, sondern auch alle Festsubstanzen mehr oder weniger unterworfen sind. Die Erforschung dieses Prozesses, die kaum begonnen hat, erfordert eine Koordination von Laboratoriumsversuchen und Feldbeobachtungen, die sich über genügend lange Zeiträume erstrecken.

Im Gegensatz zu den elastischen Formänderungen geht es beim Kriechen um jene langsamen Verformungen, die sich unter dem Einfluß konstanter oder stetig veränderlicher Scherkräfte sowohl im Raume wie in der Zeit vollkommen kontinuierlich vollziehen. In der Natur ist es vor allem die Schwerkraft, welche die zum Kriechen notwendigen Scherspannungen erzeugt. Jener Zweig der Physik, der sich mit der Deformation und dem Fließen der Materialien befaßt und damit für die Beurteilung der hier in Frage stehenden Vorgänge in erster Linie zuständig ist, indem er sowohl auf theoretischem wie auf experimentellem Wege wesentliche

[1] Erweiterter Vortrag am Internationalen Kongreß für Erdbaumechanik und Fundationstechnik, Zürich 1953.



Titelbild Glacier du Géant et Mt. Blanc (4810 m), von der Aiguille du Dru (Photo: A. Roch)

Grundlagen zu ihrer Erforschung geschaffen hat, ist die Rheologie [1] *. Nach den Vorschlägen der internationalen rheologischen Nomenklatur beschränkt sich allerdings der wissenschaftliche Begriff «Kriechen» auf jene Fälle zeitlich fortschreitender Verformungen, die sich nach der Entlastung langsam zurückbilden, während bei bleibender Verformung von «Fließen» gesprochen wird [2]. So sehr grundsätzlich die Einführung der rheologischen Terminologie auch für die hier behandelten Phänomene erwünscht ist [2, 3], ist es zur Zeit kaum möglich, zwischen Kriechen und Fließen im genannten Sinne streng zu unterscheiden. Sowohl in der ingenieurgeologischen Literatur, in der Schneekunde, wie auch im neueren Schrifttum über Beton hat sich der Begriff des «Kriechens» für zeitlich fortschreitende, bleibende Verformungen allgemein derart eingebürgert, daß sein Ersatz durch den Ausdruck «Fließen» besonders beim Ingenieur leicht zu Mißverständnissen führen könnte. Nur der Glaziologe spricht von jeher nicht von Kriechen, sondern vom Fließen der Gletscher, womit er auch der modernen rheologischen Bezeichnungsweise gerecht wird. Wir gebrauchen deshalb nachstehend die beiden Ausdrücke synonym.

Besonders anschaulich und der Beobachtung leicht zugänglich sind die *Kriech- bzw. Fließvorgänge der Schneedecke* (Abb. 1). Die in einer geneigten Schneeschicht unter ihrem Eigengewicht sich vollziehende stetig fortschreitende innere Verformung, die auf der Metamorphose des Schnees beruht, zeigt deutlich zwei Komponenten: Eine Setzungskomponente senkrecht zur Hangoberfläche und die eigentliche Kriechkomponente in der Form einer durch Scherspannungen verursachten hangparallelen Verschiebung (Schiebung). Häufig kommt noch ein langsames Gleiten der Schneedecke als Ganzes auf ihrer Unterlage hinzu.

Abb. 2 Lawinenverbauung im Anbruchgebiet; Schneebrücke aus Leichtmetall

* [. . .] siehe Literaturnachweis

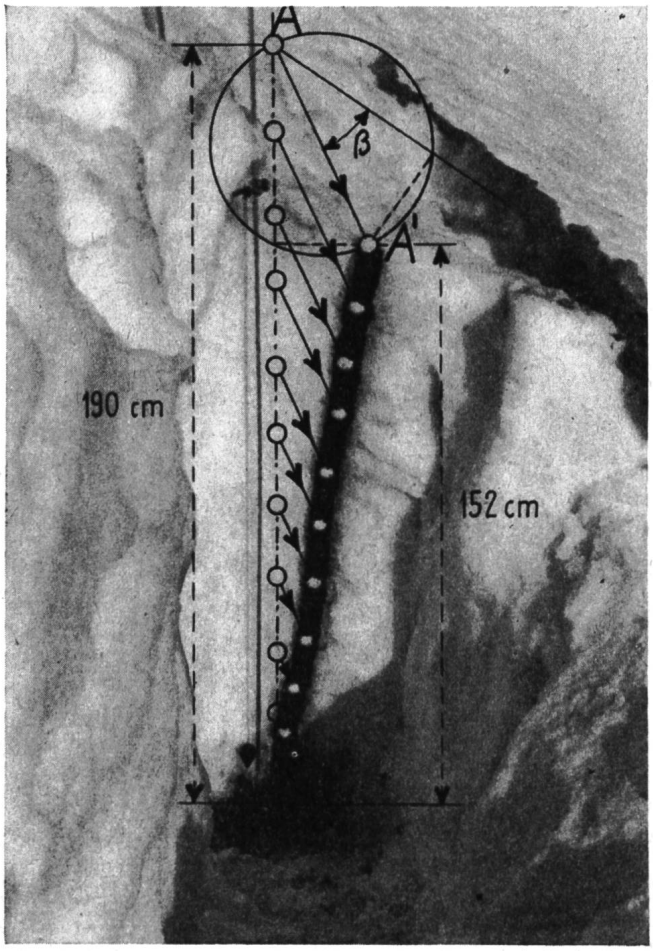


Abb. 1 Kriechprofil der Schneedecke; Meßzeit 66 Tage, 2660 m ü. M.

Beim *Gletscher* tritt die Kriechbewegung in erhabener Größe in Erscheinung (siehe Titelbild). Wohl beruht das «Fließen» der Gletscher nicht ausschließlich auf der stetigen, inneren Verformung des Eises, sondern auf ihrer Koordination mit Gleitvorgängen, die sich vorwiegend auf der Gletschersohle oder seltener längs Diskontinuitätsflächen auch im Innern des Gletschers abspielen. Darin kommt wiederum die Verwandtschaft mit den entsprechenden Vorgängen im Boden und in der Schneedecke zum Ausdruck. Wie sehr das Kriechphänomen nicht nur als eine interessante Eigenschaft der Materie zu werten ist, sondern wechselwirkend sogar am Werden der Lockergesteine mitschafft, zeigt folgender Zusammenhang: Durch das Kriechen, Fließen und Gleiten des Eises werden bedeutende Mengen an Moränenmaterial im Innern oder auf dem Rücken des Gletschers transportiert. Wir denken dabei vor allem an die gewaltigen Gletscher der Eiszeiten, die einst auch das schweizerische Mittelland bedeckten, das sie einerseits durch ihre Erosionskraft und anderseits durch mächtige glaziale Ablagerungen neu gestaltet haben. Der Fließbewegung der Gletscher gebührt somit die Ehre, an der Bildung gewisser Lockergesteine in schöpferischer Weise — gleichsam als Geburtshelfer — beteiligt zu sein. Daß die oberen, der Verwitterung ausgesetzten Bodenschichten schon bei einer relativ geringen Neigung der Geländeoberfläche — ähnlich wie ein Glet-

scher — langsam talwärts kriechen, wurde bereits 1924 von W. Penk nachgewiesen [29, 51].

Ebenso mannigfaltig wie die Kriechvorgänge selbst sind die dadurch aufgeworfenen technischen und naturwissenschaftlichen Probleme: So werden z. B. durch die Kriechbewegung natürlicher Böschungen deren Stabilität beeinflußt und die darin befindlichen Kunstbauten gefährdet. Die Bauwerke müssen entweder der Bewegung angepaßt oder festgehalten werden. Im letzteren Fall stellt sich die Frage nach der Größe des Kriechdruckes. Darin liegt u. a. das Kernproblem des Lawinenverbaues im Anbruchgebiet, wo es sich darum handelt, die kriechende Schneedecke durch feste Einbauten derart zu stützen, daß die Lawinenbildung verhindert wird [4] (Abb. 2). Schwieriger liegen die Verhältnisse, wenn ein im *kriechenden Boden* «schwimmendes» Bauwerk unverschieblich festgehalten werden soll, wie dies bei der Landquartbrücke in Klosters der Fall war [5] (Abb. 3). Hier mußte das gefährdete linke Bogenwiderlager durch einen horizontalen Eisenbetonriegel, der auf den Kriechdruck dimensioniert wurde, gegen das rechte feststehende Widerlager abgestützt werden.

An der fertig sanierten Brücke von Klosters wurde versucht, die Größe und zeitliche Veränderung des Kriechdruckes auf Grund der gemessenen Verkürzung des Querriegels zu ermitteln. Dies ist jedoch nur möglich, sofern dem *Kriechen des Betons*, der als ein künstliches Festgestein aufgefaßt werden darf, die nötige Beachtung geschenkt wird. Nach den grundlegenden Vorarbeiten der Rheologen [6] ist es nicht zuletzt der neueren Entwicklung des vorgespannten Betons zu verdanken, daß heute die Kriechvorgänge des Betons besser bekannt sind [7].

Selbst die *natürlichen Festgesteine* sind gewissen Kriechprozessen unterworfen, deren Erforschung sowohl praktisches wie wissenschaftliches Interesse bietet. So stellt z. B. die Beurteilung des zeitlich veränderlichen Spannungsbildes großer Staumauern den Bauingenieur vor Probleme, bei denen nicht nur das Kriechen des Betons, sondern auch eventuelle Kriechvorgänge im lokal hoch beanspruchten Felsuntergrund zu berücksichtigen sind. Auch die langsamen und bruchlosen Verformungen der Erdkruste dürften zum großen Teil auf Kriechprozessen beruhen, die bei sehr hohen Temperaturen (nahe dem Schmelzpunkt) mit denjenigen des Gletschereises und bei normalen Temperaturen denjenigen eines erhärteten Betons verwandt sind. Damit stellt der grandiose Faltenbau der Alpen den Geologen und Mineralogen vor das Fließ- bzw. Kriechproblem der Festgesteine [8 und 9], das stark in die ganze Tektonik der Gebirgsbildung hineinspielt [30, 31]. Für Temperaturen in relativer Nähe des Schmelzpunktes demonstriert anderseits die Schneedecke im kleinen Maßstab Jahr für Jahr, wie das Zusammenspiel von Gleit- und Kriechvorgängen zur Faltenbildung führen kann (Abb. 4).

So stellen die Kriechprozesse sowohl die Wissenschaft wie die Praxis vor weitschichtige Probleme, die nur durch vermehrte Zusammenarbeit des Geologen, Rheologen und Ingenieurs einer Lösung nähergebracht werden können. Dabei geht es hier nicht um akademische Fragen, sondern um sehr lebensnahe Dinge. Gilt doch der Kampf gegen Kriechbewegungen, Rutschungen und Lawinen dem Schutze des menschlichen Lebens und der Erhaltung der heimatlichen Scholle. Er bildet damit einen Teil jenes hartnäckigen Kampfes gegen die Entvölkerung unserer Gebirgstäler.

Abb. 3 Landquartbrücke der Rhätischen Bahn in Klosters nach der Rekonstruktion 1944 (Photo: Compeer, Klosters)

II. Laboratoriumsversuche

Die Möglichkeit, durch Laboratoriumsversuche einzelne elementare Phasen des Kriech- bzw. Fließprozesses oder gewisse Einflüsse getrennt zu untersuchen, besteht, muß jedoch im vollen Bewußtsein der Tatsache beurteilt werden, daß der natürliche Prozeß ein lebendiges, untrennbares Ganzes bildet. Dieses Ganze resultiert als Wechselwirkung zahlreicher Faktoren, deren Zusammenspiel sich experimentell nicht erfassen läßt.

Am einfachsten sind Kriechversuche durchführbar mit *trockenem Schnee*, bei dem sich einige der wichtigsten natürlichen Bedingungen relativ leicht nachbilden lassen und der schon unter dem Eigengewicht der Probe stark kriecht. Abb. 5 zeigt eine Versuchsanordnung, welche gestattet, die Verformung einer geneigten, auf ihrer Oberfläche gleichmäßig belasteten Schneeschicht zu verfolgen. Die Resultate solcher Versuche zeigen, daß bei einer gegebenen Neigung der Schicht sowohl der Kriechwinkel β — bzw. der Winkel, den die Bewegungsrichtung eines Punktes der Schichtoberfläche mit der letzteren bildet (vgl. Abb. 1) — wie die Kriechgeschwindigkeit mit der fortschreitenden Verdichtung und

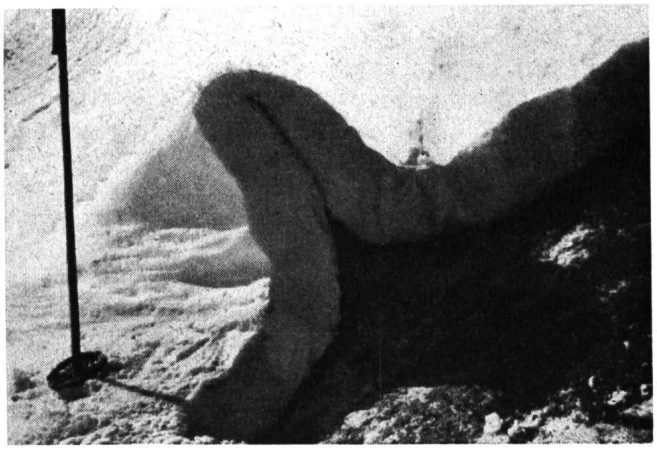


Abb. 4 Faltenbildung der Schneedecke bei ihrem langsamen Abgleiten auf der Grasunterlage; Davos, Dezember 1936 (Photo: R. Haefeli)

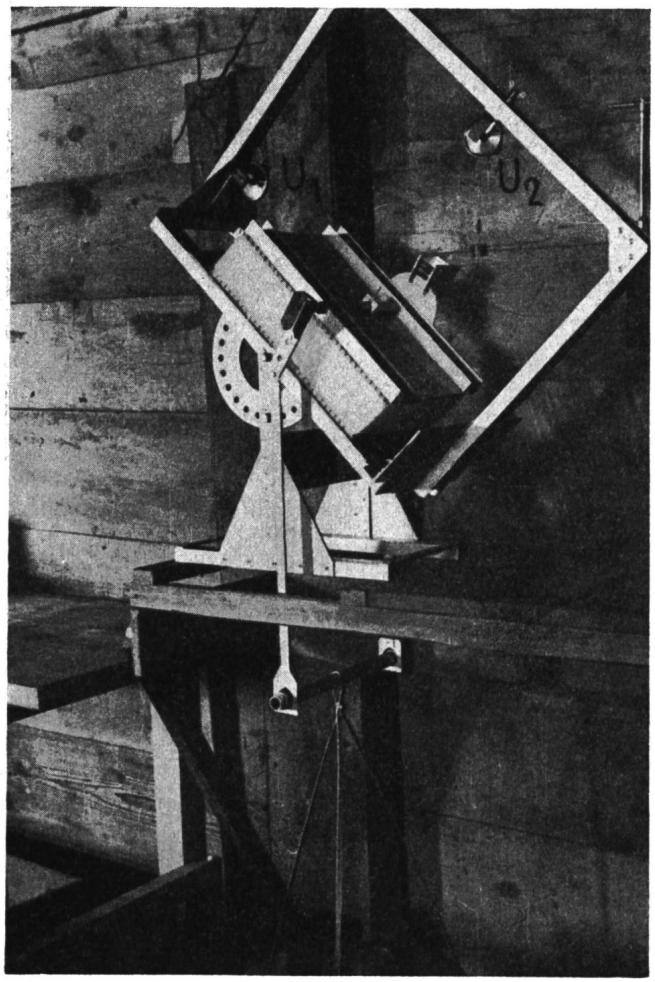


Abb. 5 Kriechmesser für Schnee. Neigung der Schneeschicht 45°, Meßuhren U_1 und U_2

Verfestigung des Schnees abnehmen. Dieser Vorgang ist von jener gesetzmäßigen Änderung des Spannungsbildes begleitet [27], die wir als Spannungsmetamorphose bezeichnen, weil sie mit der Metamorphose des Schnees in engster Wechselwirkung steht.

Wesentlich schwieriger und zeitraubender sind Kriechversuche mit feinkörnigen, wassergesättigten *Böden, wie Lehm und Ton.* Durch das Hinzutreten der flüssigen Phase im hochdispersen System wird im Vergleich zum Trockenschnee die Zahl der frei veränderlichen Größen wesentlich erhöht. So muß z. B. einerseits zwischen Kriechversuchen im offenen System (drainiert), bei denen das Porenwasser frei abströmen kann, und solchen im geschlossenen System (undrainiert) unterschieden werden. Anderseits spielt die Frage der Wassersättigung in Verbindung mit dem Auftreten einer dampfförmigen Phase eine nicht weniger wichtige Rolle. Da in der Natur alle möglichen Kombinationen vorkommen, erweitert sich damit der Aufgabenkreis dieses Zweiges der erdbaumechanischen Grundlagenforschung entsprechend. Auch der Einfluß der Temperatur auf den Kriechvorgang nicht gefrorener Böden, der noch fast unbekannt ist, darf a priori nicht vernachlässigt werden. Daß schließlich das Kriechen der Böden im Gebiete des Permafrostes ganz neue Probleme aufwirft, die nur durch die Koordination von Erdbaumechanik, Eismechanik und Glaziologie gelöst werden können, liegt auf der Hand [18].

Bei der Untersuchung des Kriechvorganges lehmiger, konsolidierter Bodenproben mit frei abströmendem Porenwasser (offenes bzw. drainiertes System) kann das Ringscherprinzip angewandt werden, wobei jedoch der störende Einfluß der Seitenreibung in Kauf genommen und nach Möglichkeit reduziert werden muß [27] (Abb. 6). Wird nach der Konsolidation die ringförmige Bodenprobe bei unveränderter Vertikalspannung einer konstanten Scherspannung ausgesetzt, so findet eine entsprechende Zunahme der totalen ersten Hauptspannung statt, wodurch zunächst erneut gespanntes Porenwasser entsteht. Die anschließend folgende «Spannungsmetamorphose» umfaßt die Entspannung des Porenwassers und eine entsprechende Änderung der wirksamen Hauptspannungen in Größe und Richtung. Ähnlich wie bei der geneigten Schneeschicht und wie bei allen offenen Systemen wird auch hier der Kriechvorgang von einer Setzung begleitet. Durch Auftragung der Verschiebungskomponenten in horizontaler bzw. vertikaler Richtung erhält man die wahre Bewegung eines Oberflächenpunktes (Kriechwinkel β), während aus der stetig zunehmenden Abdrehung einer ursprünglich vertikalen Verbindungslinie A–B die Winkelgeschwindigkeit $\omega = D$ und damit die scheinbare mittlere Zähigkeit μ des Materials näherungsweise berechnet werden kann. In diesem Sinne sind in Abb. 6 (oben) die wahren Kriechwege A_0–A_i der im Ringscherapparat unter $\sigma = 2$ kg/cm² konsolidierten Lehmproben (4002), die bei verschiedenen Scherspannungen τ einem Kriechvorgang von 56–64 Tagen ausgesetzt wurden, aufgetragen. Aus dieser Darstellung folgt einerseits, daß die Kriechkurve während eines einzelnen, etwa zweimonatigen Kriechprozesses allmählich steiler wird, indem der Kriechwinkel β bzw. die Neigung dieser Kurve langsam zunimmt. Vergleicht man die Kriechwege, die auf diese Weise für verschiedene Scherspannungen erhalten wurden ($\tau = 0{,}2$–$0{,}8$ kg/cm²), so zeigt sich, daß ihre mittlere Neigung mit der Scherspannung deutlich abnimmt, weil die Horizontalkomponente des Kriechweges (A_0–A_i) mit τ stärker zunimmt als dessen vertikale Komponente (Setzung).

Wie auf Grund dieser Darstellung die mit dem Kriechprozeß verbundene «Spannungsmetamorphose», d. h. die Änderung von Größe und Richtung der Hauptspannungen wenigstens angenähert verfolgt werden kann, wurde an anderer Stelle gezeigt [27]. Besondere Beachtung verdient die Feststellung, daß die scheinbare Zähigkeit μ des untersuchten wassergesättigten Lehmes (4002) im Laufe eines zweimonatigen Kriechprozesses (unter Wasser) trotz der sehr geringen Wassergehaltsänderung eine außerordentlich starke Zunahme erfuhr. Um diese Tatsache zu demonstrieren, wurde in Abb. 6a (unten) sowohl die Winkelgeschwindigkeit ω wie auch die Veränderung der scheinbaren Zähigkeit μ für die oben beschriebenen Kriechversuche im Ringscherapparat in Funktion der Zeit dargestellt. Inwieweit in die auffallend starke Zunahme der aus den Versuchsdaten berechneten scheinbaren Zähigkeit von der Größenordnung von 10^{10} auf 10^{15} Poise, thyxotrope und andere Einflüsse hineinspielen, ist noch nicht genügend abgeklärt. Man beachte ferner, daß schon nach einer Kriechdauer von etwa 12 Stunden diejenige Probe die kleinste Verformungsgeschwindigkeit ω aufweist, welche der größten Scherbeanspruchung unterworfen wurde ($\tau = 0{,}60$ kg/m²) und deshalb auch die stärkste Konsolidation, bzw. Zähigkeitszunahme erfahren hat. Darin liegt

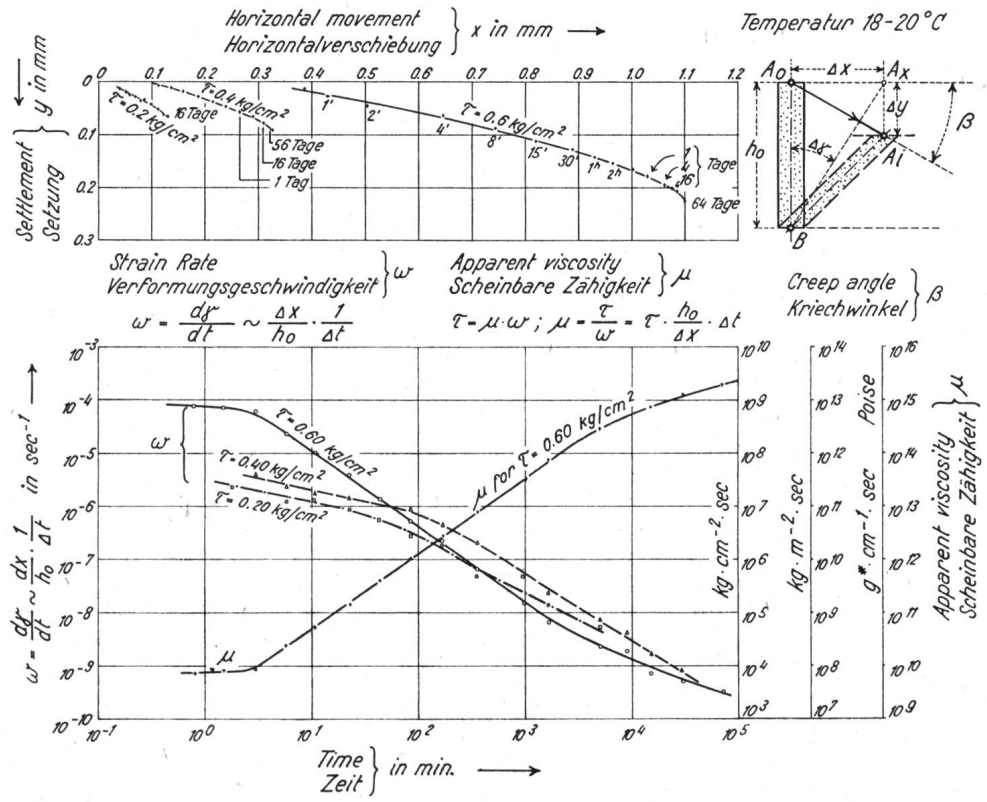


Abb. 6
Kriechversuche im Ringscherapparat

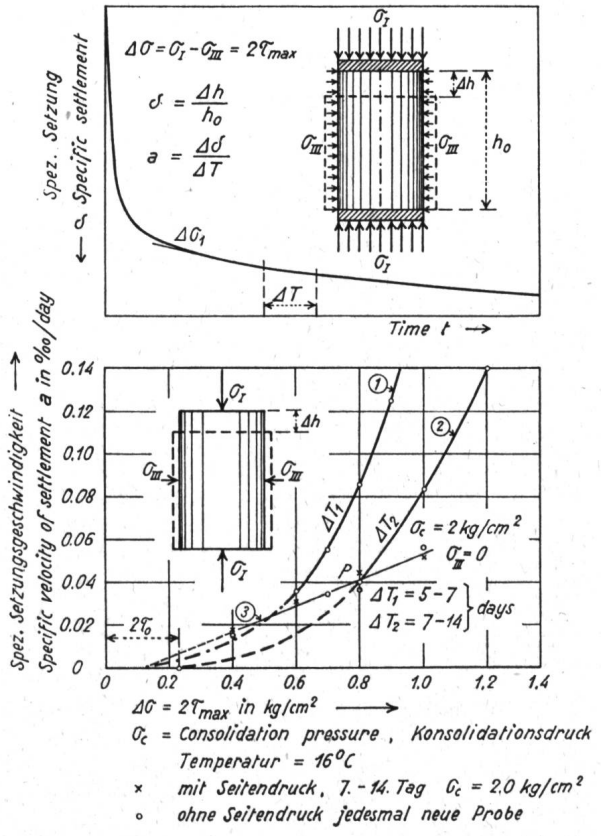


Abb. 6a Kriechversuche im Triaxialapparat

ein wichtiger Unterschied gegenüber den Kriechversuchen im geschlossenen System.

Eine wesentliche Vervollkommnung erfuhr die Methodik der Kriechversuche durch Geuze und Tan Tjong-Kie, die ein Torsionsplastometer entwickelten, durch das eine Materialprobe von der Form eines Hohlzylinders auf Torsion beansprucht werden kann [3]. Diese Anordnung, die sich besonders für volumenkonstante Verformungen (geschlossenes System) eignet und zuerst für Eis empfohlen wurde [33], ermöglicht die Erzeugung eines relativ homogenen und zeitlich unveränderlichen Spannungszustandes. Etwas weniger homogen ist der Spannungszustand beim Triaxialversuch, der sich anderseits durch seine Einfachheit und allgemeine Verwendbarkeit auszeichnet. Abb. 6a zeigt die grundsätzliche Anordnung solcher Versuche mit dem Triaxialapparat. Eine zylindrische, von einer Gummihülle umschlossene Bodenprobe wird mit oder ohne Seitendruck σ_{III} durch eine konstante Vertikalspannung σ_I belastet, die kleiner ist als der Konsolidationsdruck σ_c. Die bei freier Seitenausdehnung und konstantem Volumen der Probe ermittelte Setzungskurve bildet ein Kriterium für den Fließvorgang. Die spez. Setzungsgeschwindigkeit a kann bei konstantem Probevolumen als Maß der Fließgeschwindigkeit aufgefaßt werden. Andernfalls muß die Volumenänderung der Probe direkt gemessen und bei der Versuchsauswertung berücksichtigt werden. Das Kriechen bzw. Fließen beginnt bei einer gewissen kritischen Scherspannung τ_0, die u. U. nur einen sehr kleinen Bruchteil der Scherfestigkeit beträgt. Die Verformungsgeschwindigkeit nimmt bei Steigerung der Scherspannung gesetzmäßig zu. Wie Abb. 6a zeigt, hängt diese Zunahme von der betrachteten Zeitperiode des Kriechvorganges, d. h. von der Belastungsvorgeschichte und der bereits vorausgegangenen Verformung ab. Je höher der Wassergehalt des

Lehmes, umso steiler verläuft die Fließkurve und umso kleiner ist die kritische Scherspannung τ_0. An der Fließgrenze verhält sich das Material wie eine zähe Flüssigkeit ($\tau_0 = 0$).

Eine unter $\sigma_c = 2$ kg/cm² konsolidierte gesättigte Lehmprobe ergab z. B. bei stufenweiser Erhöhung der Scherspannung τ die in Abb. 6a (unten) dargestellten relativ stark gekrümmten Fließkurven 1 und 2, von denen die erste der mittleren Setzungsgeschwindigkeit während der Zeitperiode ΔT_1 (5.–7. Tag), die zweite derjenigen der Zeitperiode ΔT_2 (7.–14. Tag) entspricht. In einer zweiten Versuchsserie wurde bei einheitlicher Konsolidation unter $\sigma_c = 2$ kg/cm² für jede Scherspannung eine neue Probe verwendet. Dabei ergab sich — ähnlich wie bei den Versuchen von Geuze und Tan Tjong-Kie — eine nahezu geradlinige Fließkurve, deren Extrapolation nach links auf einen außerordentlich kleinen Wert der kritischen Scherspannung schließen läßt. Für jede Scherspannung wurden zwei Parallelproben auf Kriechen geprüft, die eine ohne, die andere mit Seitendruck ($\sigma_{III} = 0$ bzw. 0,75 kg/cm²). Ein merkbarer Einfluß des Seitendruckes auf die Kriechgeschwindigkeit war jedoch nicht feststellbar, wobei bisher die Spannungen so gewählt wurden, daß kein gespanntes Porenwasser entsteht, indem der Maximalwert der ersten Hauptspannung stets genügend unter dem Konsolidationsdruck blieb. Auf Grund der gemessenen spez. Setzungsgeschwindigkeiten a ergibt sich bei konstantem Volumen der Probe die maßgebende Winkelgeschwindigkeit ω zu 1,5 · a, während sich die scheinbare Zähigkeit nach dem Ausdruck $\mu = \tau/\omega$ berechnen läßt [28]. Für den Punkt P der Kurve 3 erhält man z. B. folgende Werte, unter denen auch die von Geuze vorgeschlagene Zähigkeits-Kennziffer η, welche die Neigung der Bingham'schen Geraden charakterisiert, angegeben ist. (Vgl. Abb. 6a u. 7).

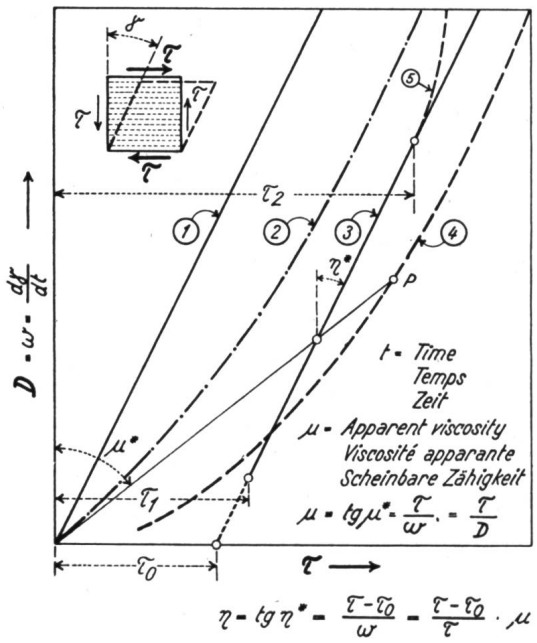


Abb. 7 Typische Fließkurven

1 = Newton'sche Flüssigkeit
2 = Nicht-Newton'sche Flüssigkeit
3 = Bingham'scher Körper
4 = Eis
3 bis 5 = Lehm

Zahlenbeispiel: Gehängelehm 4002 (Uetliberg)

Plastizitätszahl	=	34%
Konsolidationsdruck	=	2 kg/cm²
$\Delta\sigma = 0{,}8$ bzw. τ	=	0,4 kg/cm²
a = 0,04 ‰/Tag	=	$0{,}465 \cdot 10^{-9}$ sec⁻¹
$\omega = D = 1{,}5$ a	=	$0{,}7 \cdot 10^{-9}$ sec⁻¹
$\mu = \frac{\tau}{\omega}$	=	$5{,}6 \cdot 10^{14}$ Poise
$\eta = \frac{\tau - \tau_0}{\tau}\,\mu$	=	$4{,}8 \cdot 10^{14}$ Poise

Die auf diesem Wege ermittelte scheinbare Zähigkeit μ der konsolidierten Probe ist nahezu identisch mit dem nach entsprechender Kriechzeit im Ringscherapparat erreichten Wert (vergl. Abb. 6).

Die von Geuze und Tan Tjong-Kie mit dem Torsionsplastometer durchgeführten Versuche mit Lehm ergaben, daß die spez. Schiebungsgeschwindigkeit $D = d\gamma/dt = \omega$ zwischen der kritischen Scherspannung τ_0 einerseits, bei welcher der Kriech- bzw. Fließvorgang beginnt, und einer gewissen oberen Grenze τ_2 anderseits, linear mit τ zunimmt. Dieses Verhalten, das durch die bisherigen Versuche der VAWE grundsätzlich bestätigt wurde (Abb. 6a Kurve 3), entspricht für $\tau < \tau_2$ dem sogenannten «Bingham'schen Körper», dessen Verformungsdiagramm in Abb. 7 im Vergleich mit andern typischen Fließkurven dargestellt ist. Ein solcher Vergleich läßt die enge rheologische Verwandtschaft, die zwischen den zähen Flüssigkeiten, Lehm und Eis besteht, deutlich erkennen. Diese Verwandtschaft existiert auch betreffend der sog. «Erholung» des Materials nach der Entlastung, wie sie z. B. von Geuze und Tan Tjong-Kie für Lehm untersucht wurde [3] und die anderseits beim Eis als elastoplastische Rückdeformation feststellbar ist.

Wichtig für die Beurteilung der Stabilität von künstlichen und natürlichen Böschungen, insbesondere aber von Erddämmen, ist die Frage der Beeinflussung der Festigkeiten des Materials durch den Kriechvorgang im geschlossenen wie auch im offenen System. Aus den Untersuchungen von A. Casagrande und Wilson [10] geht hervor, daß dieser Einfluß oft bedeutend ist und sich je nach der Art des Materials günstig oder ungünstig auswirken kann. Beruhigend ist die Feststellung, daß für künstlich verdichtetes Damm-Material eine langsame Belastungssteigerung, die vor dem Bruch ein Kriechen hervorruft, in der Regel eine Erhöhung der Druck- bzw. Scherfestigkeit des Materials bewirkt. Lehmiger Untergrund kann sich dagegen ganz anders verhalten. Entsprechende Versuche über den Einfluß der Geschwindigkeit der Laststeigerung wurden von der Harvard University seit 1948 durchgeführt.

Vergleichshalber wurde im Anschluß an die oben beschriebenen Kriechversuche der VAWE (Zürich, 1953) der Einfluß des Kriechprozesses auf die Festigkeit des untersuchten Lehmes ebenfalls überprüft, wobei die bisher durchgeführten Einzelversuche die in Tabelle 1 zusammengestellten Resultate ergaben. Zu diesen Werten ist zu bemerken, daß die kleinen Unterschiede, die im Ringscherapparat zwischen den Scherfestigkeiten vor und nach dem zweimonatigen Kriechen festgestellt wurden, im Bereich der möglichen Streuungen liegen. Dagegen lassen die Triaxialversuche, die mit und ohne Seitendruck durchgeführt wurden, eine gewisse Verfestigung des Materials während des 14tägigen Kriech-

Tabelle 1:

Einfluß des Kriechvorganges auf die Scher- bzw. Druckfestigkeiten eines Lehms

Versuchsmaterial: Gehängelehm Uetliberg (Nr. 4002);
Fließgrenze = 40,9%; Ausrollgrenze = 16,9%; Plastizitätszahl = 34%;
Einbauwassergehalt 25%; Konsolidationsdruck = σ_c = 2,0 kg/cm²;
Wassergehalt nach dem Abscheren ∾ 21% (Probe gesättigt);
τ = Scherspannung beim Kriechprozeß in kg/cm²
σ_{III} = Seitendruck im Triaxialapparat in kg/cm²
σ = Normalspannung im Ringscherapparat = 2,0 kg/cm²
s = Scherfestigkeit beim Normalv. im Ringscherapparat (etwa 8 h) = 1,03 kg/cm²
s_k = Scherfestigkeit nach Kriechen im Ringscherapparat in kg/cm²
d = Druckfestigkeit (Triaxv., 8′ mit σ_{III} = 0,75 kg/cm²); d — σ_{III} = 1,0 kg/cm²
d_k = Druckfestigkeit nach Kriechen (Triaxv.) in kg/cm²
T = Dauer des Kriechprozesses in Tagen

Ringscherversuche			Triaxialversuche			
Offenes System (drainiert)			Geschlossenes System (undrainiert)			
T	τ	s_k	σ_{III}	T	τ	d_k—σ_{III}
			0	14	0,2	1,08
16	0,2	1,02	0	14	0,35	1,18
56	0,4	0,95	0	14	0,4	1,17
64	0,6	0,97	0	14	0,5	1,29
			0,75	14	0,2	1,02
			0,75	14	0,3	1,08
			0,75	14	0,4	1,12
			0,75	14	0,5	1,21

prozesses erkennen. Bei der höchsten Scherspannung von 0,5 kg/cm² betrug die Zunahme der Druckfestigkeit im Laufe des Kriechprozesses etwa 20–30%.

Triaxialversuche sind auch geeignet, um das Fließen von Eisproben zu untersuchen, auf die wir hier nur kurz hinweisen können. Die in der Natur vorkommenden Eisarten sind polykristalline Festkörper, deren Temperatur relativ nahe dem Schmelzpunkt liegt. Wie Prof. P. Niggli wiederholt betonte, handelt es sich deshalb beim Kriechen bzw. Fließen des Eises in der Regel um eine Warmverformung, die mit derjenigen von Metallen von hexagonaler Struktur, wie Zink oder Magnesium, vergleichbar ist. Je tiefer die Temperatur, umso starrer ist das Eis. Neben der Temperatur spielen nach Steinemann auch die Verunreinigungen eine ausschlaggebende Rolle, indem sich das reine Eis viel starrer verhält als das unreine [2] [47]. Die diesbezüglichen, am Eidg. Institut für Schnee- und Lawinenforschung durchgeführten Versuche zeigten ferner, daß sowohl beim Einkristall wie beim polykristallinen Eiskörper zwischen dem «unverformten» und verformten Zustand unterschieden werden muß. Durch die bruchlose Verformung wird das Eis scheinbar starrer, wobei insbesondere beim polykristallinen Eis eine strukturelle Verfestigung (Formverfestigung) festgestellt wurde. Der von englischen Forschern experimentell erbrachte Nachweis, daß die Kriech- bzw. Fließgeschwindigkeit des Eises exponentiell mit der Scherspannung zunimmt [11, 24], wurde durch die genannten Versuche auf Weißfluhjoch bestätigt (vergl. Abb. 7). Nach den bisherigen Erfahrungen scheint ein zusätzlicher allseitiger Druck die Verformungsgeschwindigkeit zu beschleunigen, bzw. die scheinbare Zähigkeit herabzusetzen, doch gehört die genauere Überprüfung dieses Einflusses — ähnlich wie bei Lehm — noch zu den zahlreichen offenen Fragen der Kriechforschung [39].

Der Vergleich der Kriechvorgänge von Schnee, Boden und Eis verdient, auch im Hinblick auf die von Winterkorn vertretene Ansicht, wonach der von den Bodenteilchen adsorbierte Wasserfilm infolge seines hohen Druckes eisähnliche Eigenschaften besitzt, ganz besonderes Interesse [12, 13, 44]. In diesem Zusammenhang ist der Untersuchung des Einflusses der Temperatur auf den Kriech- bzw. Fließvorgang des Lehmes vermehrte Aufmerksamkeit zu schenken.

Die zukünftige Entwicklung der Erdbaumechanik ist mit den Fortschritten der Kriechforschung untrennbar verbunden, weil das Kriechen offen oder versteckt in fast alle erdbaumechanischen Vorgänge hineinspielt. Dabei findet das Kriechen solange statt, solange an irgendeiner Stelle des Erdkörpers die kritische Scherspannung τ_0 überschritten wird. Dies gilt allgemein, so z. B. auch für alle Probebelastungen im kleinen wie im großen oder für Flachfundationen wie für Pfahlfundationen (Einzel- und Gruppenpfähle). Weniger eindeutig ist dagegen der Anteil des Kriechvorganges während der Konsolidation im Oedometer oder im Triaxialapparat. Hier ist zu beachten, daß schon das bloße Näherrücken zweier sich berührender Einzelkörner, d. h. der denkbar elementarste erdbaumechanische Vorgang, nur möglich ist, wenn an der Kontaktstelle — sei es in der festen Phase oder im zähen Wasserfilm — lokale Deformatio-

[2] Interner Bericht Nr. 145 des Eidg. Institutes für Schnee- und Lawinenforschung, Weißfluhjoch, von S. Steinemann.

Abb. 8 Durch Kriechen (Gleiten) der Schneedecke verschobener Stall, Gulmen bei Amden, 22. Februar 1953 (Photo: R. Haefeli)

nen auftreten, die z. T. auf internen Kriechvorgängen beruhen. So ist selbst eine infolge eines allseitigen äußeren Druckes sich in allen drei Richtungen des Raumes gleichmäßig und stetig vollziehende Volumenverkleinerung eines Lockergesteins z. T. auf lokale Kriechvorgänge zurückzuführen, die sich vorwiegend an den Kontaktstellen zwischen den Körnern abspielen. Umsomehr wird eine nur in vertikaler Richtung langsam fortschreitende Setzung, wie sie z. B. im Oedometer oder an einer horizontalen Bodenschicht beobachtet wird, a priori durch innere Kriechvorgänge ermöglicht. Diese versteckten Kriechprozesse, die auch in die sog. Nachsetzung hineinspielen, stehen in engstem Zusammenhang mit jenen zeitlichen Änderungen des Spannungszustandes, die nicht durch die hydrodynamischen Spannungserscheinungen (Porenwasserdrücke) gesteuert werden.

Das Problem solcher stetig fortschreitender Spannungsänderungen, die durch das Kriechen bewirkt werden, ist nicht nur für die weitere Entwicklung der Erddrucktheorien, sondern auch für die Beurteilung der Stabilitätsverhältnisse von Böschungen und Erddämmen von grundlegender Bedeutung. So sind z. B. die auf die vertikalen Symmetrieebene eines aus plastischem Material aufgebauten zentralen Dammkernes wirksamen horizontalen Drücke in hohem Maße abhängig von der Zusammendrückbarkeit, bzw. Kriechfähigkeit, der auf

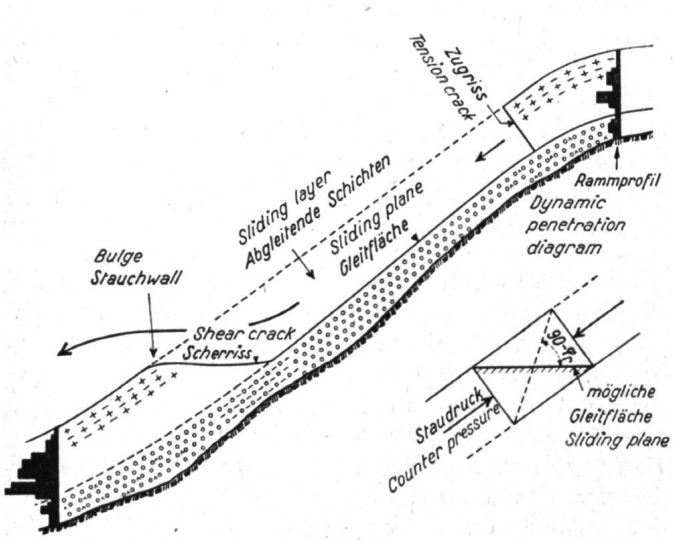


Abb. 9 Schematischer Längsschnitt einer Schneebrettlawine

beiden Seiten des Dichtungskernes anschließenden Stützkörper. Je starrer sich diese Stützkörper gegen horizontale Beanspruchungen verhalten, umso größer werden die Seitendrücke des plastischen Kerns und damit auch die Schubspannungen im Untergrund des Dammes. Grundsätzlich ähnlich liegen die Verhältnisse bei Stützmauern mit lehmiger Hinterfüllung, wobei hier die Mauer an die Stelle des Stützkörpers tritt. Daß Stützmauern, die in Lockergesteinen fundiert sind, im Laufe der Jahrzehnte eine merkbare Drehung um ihren Fußpunkt nach außen erleiden, ist eine allgemein bekannte Erscheinung.

Auf Grund obiger Überlegungen ergibt sich u. a. für die zukünftige Kriechforschung im Laboratorium die Forderung, auch kohäsionslose Bodenarten, wie sie in Stützkörpern vorkommen, über genügend lange Zeiträume auf ihre Kriechfähigkeit zu prüfen. Neben dem Kriechen der kohärenten und kohäsionslosen Lockergesteine in seiner Abhängigkeit von Kornverteilung, Chemismus, Wassergehalt, Temperatur und Spannungszustand gewinnen auch Kriechversuche mit unverwitterten und verwitterten Festgesteinen sowohl geologisch wie technisch an Interesse [30]. Fruchtbar ist ferner der Vergleich zwischen den Kriechprozessen ganz verschiedener Stoffe, wie Schnee und Eis, Lockergesteine und Festgesteine, Beton, Bitumen usw.

Als notwendige Ergänzung der Laboratoriumsversuche kann anderseits die Praxis durch genaue Kriech- und Setzungsmessungen am entstehenden und fertigen Bauwerk, insbesondere an Erddämmen, am Untergrund großer Bauwerke (Staumauern), aber auch an natürlichen Böschungen einen sehr wesentlichen Beitrag zur Lösung der aktuellen Probleme leisten. Dabei kommt es bei räumlichen Verschiebungsmessungen einzelner Punkte vor allem auch auf die genaue Erfassung der horizontalen Bewegungs- bzw. Geschwindigkeitskomponenten, des Kriechwinkels und eines evtl. Jahresrhythmus im ganzen Bewegungsvorgang an.

Wie für die ebene Schneedecke anderweitig gezeigt wurde, existiert zwischen den Kriechvektoren eines ebenen Verformungsprozesses und der Richtung der Hauptspannungen eine eindeutige Beziehung [27]. Es besteht deshalb grundsätzlich die Möglichkeit, den Spannungszustand von kriechenden Körpern geeigneter Form, sowie dessen Änderung bei fortschreitendem Kriechprozeß, mit Hilfe von Modellversuchen zu untersuchen. Voraussetzung dabei ist, daß die kritische Scherspannung des in Frage stehenden Materials entweder = 0 oder genügend klein ist und daß Methoden entwickelt werden, welche gestatten, die Kriechvektoren im Innern des Versuchskörpers mit der erforderlichen Genauigkeit zu messen. Da sich wichtige erdbaumechanische Probleme — u. a. auch die Stabilität von Böschungen — nur unter eingehender Berücksichtigung des Kriechvorgangs befriedigend lösen lassen, kommt der Ausbildung geeigneter Methoden zur Erfassung dieses Prozesses am Modell wie am Naturobjekt erhöhte Bedeutung zu.

III. Kriechvorgänge im Gebirge

Die folgende Parallele mag vor allem die gemeinsamen Merkmale der im Schnee, Boden und Gletscher sich vollziehenden natürlichen Kriechvorgänge — z. T. im Zusammenhang mit Rutschungen — etwas schärfer beleuchten.

1. Schneedecke

Je nach den Rauhigkeits- und Temperaturverhältnissen der Bodenoberfläche spielt sich das Kriechen der Schneedecke mit oder ohne Gleiten auf der Unterlage ab. Durch das Gleiten werden die Kriechdrücke auf feststehende Objekte um ein Vielfaches gesteigert. Abb. 8 zeigt ein kleines Gebäude, das durch die gleitende Schneedecke aus den Fundamenten gehoben und um 8—10 m talwärts geschoben wurde.

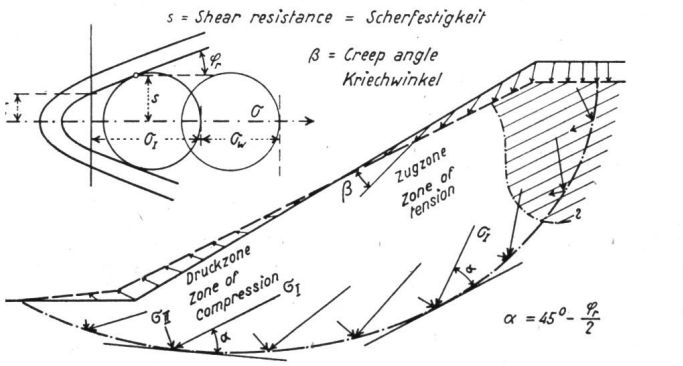
Die natürliche Schneedecke, die sich in der Regel aus mehreren hangparallelen Schichten von stark divergierenden Eigenschaften aufbaut, ist speziell geeignet, die Wechselwirkung zwischen Kriechen, Spannungszustand und Stabilität zu demonstrieren. Für die Gesamtstabilität sind vor allem die lockeren Zwischenschichten maßgebend, die im Rammprofil deutlich in Erscheinung treten (Abb. 9).

Besonders ungünstige Stabilitätsverhältnisse bilden sich dann, wenn sich der Hang nach oben abflacht oder in einen Gratrücken übergeht. Infolge der lokalen Abbremsung des Kriechvorganges am oberen Hangende entstehen zusätzliche Längskräfte in den über der Diskontinuitätsfläche liegenden windgepackten Schichten. Die allmähliche Zunahme der Zugkraft Z mit fortschreitendem Kriechen kann zur Rißbildung führen, wenn sie nicht von einer entsprechenden Erhöhung der Zugfestigkeit der betreffenden Schichten begleitet ist. Daß tatsächlich eine teilweise Aufhängung der Schneedecke am oberen Hangende stattfindet, ergibt sich aus den an der Rißstelle gemessenen Zugfestigkeiten von bis zu 10 t/m² [48].

Abb. 10 Anbruch einer Schneebrettlawine, Nüllisgrätli, Davos (Photo: E. Meerkämper)

Mit dem plötzlichen Ausfall der Zugkraft Z infolge Rißbildung und der dadurch bedingten Kräfteverlagerung erfolgt schlagartig die Überwindung der Scherfestigkeit in der hangparallelen Diskontinuitätsfläche, oft verbunden mit einem Strukturzusammenbruch der

Abb. 11 Anbruch des Bergsturzes von Arth-Goldau vom 2. September 1806 (Photo: Eidg. Landestopographie, alle Rechte vorbehalten)



φ_r = Angle of true internal friction = Winkel der wahren innern Reibung
C = Cohesion = Kohäsion = $\phi(\bar{\sigma}_I, \bar{\sigma}_{II}, \bar{\sigma}_{III})$
$\bar{\sigma}_I, \bar{\sigma}_{II}, \bar{\sigma}_{III}$ = Effective principal stresses = Wirksame Hauptspannungen
σ_w = u = Pore water-pressure = Porenwasserspannung

Abb. 12 Zug- und Druckzone in einer Böschung mit Gleitflächenbildung (Rutschung)

Gleitschicht. Fast gleichzeitig wird die Druckfestigkeit in der Druckzone überschritten, wobei ein deutlich sichtbarer Scherriß entsteht (Abb. 9 und 10). Die Schneebrettlawine bildet deshalb ein anschauliches Beispiel für den progressiven Bruch. Ferner lehrt sie uns, wie das natürliche Wechselspiel zwischen Kriechvorgang und Spannungsmetamorphose der geneigten Schneedecke ganz allmählich jenen kritischen Spannungszustand entstehen läßt, der bei der kleinsten Störung zur Rißbildung führt. Dieser Prozeß wird treffend als das «Reifen der Lawinen» bezeichnet. Durch eine solch «biologische» Ausdrucksweise wird anschaulich, daß die Lawine ähnlich einer Frucht erst vom Stamme fällt, wenn sie reif geworden ist. Auf dieser Tatsache beruht nicht nur die praktisch vielfach erprobte Möglichkeit der Fernauslösung, wie z. B. die Beschießung des labilen Hanges, sondern auch die oft bezweifelte, aber immer wieder beobachtete Auslösung von Lawinen durch Schall.

2. *Böschungen aus Fest- und Lockergesteinen*

Ähnliche Bruchvorgänge wie bei der Schneebrettlawine ereignen sich oft an Felsböschungen mit hangparalleler Schichtung. Ein tragisches Beispiel ist der Bergsturz von Arth-Goldau vom 2. September 1806, wo eine etwa 24° geneigte, rund 30 m starke Nagelfluhbank, die auf einem mergeligen Sandstein und einer 2—3 m mächtigen, bituminösen Mergelschicht aufruhte, zu Tale glitt. Unter den Ursachen des Felssturzes, die neuerdings von Terzaghi sehr einleuchtend dargestellt wurden [14], mag auch die Überwindung der Zugfestigkeit der obersten Molasseschichten im Abrißgebiet mitgespielt haben. Die Entstehung von Zugspannungen in den relativ starren Felsbänken ist durch die Kriechfähigkeit der Mergelzwischenlagen in ähnlicher Weise zu erklären, wie die Bildung der Zugzone in windgepackten Schneeschichten, die auf lockeren Zwischenschichten aufruhen und oben verankert sind. Die durch Abb. 11 gegebene Übersicht über das Abrißgebiet läßt die äußere Ähnlichkeit derartiger Felsstürze mit Schneebrettlawinen deutlich erkennen. Das Volumen der am Roßberg abgestürzten Felsmassen ergab sich aus den Ausmaßen der Abrißnische, deren Breite 320 m und deren Länge etwa 1500 m beträgt, zu rund 15 Mio m³. Bei einer Totallänge der Sturzbahn von rund 4,5 km umfaßt die Oberfläche des gesamten Bergsturzgebietes etwa 20 km². Hinsichtlich der Witterungsverhältnisse ist zu bemerken, daß dem Jahre 1806 mehrere ungewöhnlich niederschlagsreiche Jahre vorausgingen und daß die Monate Juli und August 1806 sehr regnerisch waren. Bei diesem größten Bergsturz, der in historischer Zeit in der Schweiz bekannt wurde, haben 457 Personen den Tod gefunden und es wurden 111 Wohnhäuser, 2 Kirchen und 220 Ställe und Scheunen verschüttet [34, 35].

Bei Rutschungen an natürlichen Böschungen aus kohärentem Material, die oben eine Abflachung aufweisen, werden meistens schalenförmige Gleitflächen beobachtet (Abb. 12). Da nach der Bruchtheorie die erste Hauptspannung unter einem bekannten Winkel α zur Bruchfläche steht, so liefert die Form der Gleitfläche lokale Anhaltspunkte über das Spannungsbild, das den Bruchvorgang ausgelöst hat. Man erkennt, daß selbst hier am oberen Böschungsrand nicht nur Druck-, sondern auch Zugspannungen wirksam sind, während am Böschungsfuß relativ flach gerichtete erste Hauptspannungen vorherrschen.

Der Kriechprozeß, welcher der Rutschung vorausgeht, ist zwar durch das ursprüngliche Spannungsbild bedingt, bewirkt aber anderseits sowohl eine zeitliche Änderung des Spannungszustandes wie der Festigkeit des Materials. Wird die Scherfestigkeit im schwächsten Punkte überwunden, so entsteht mit dem lokalen Kohäsionsverlust eine plötzliche Verlagerung der Kräfte. Diese schlagartige Kräfteverlagerung kann selbst unter der günstigsten Voraussetzung, daß sich das Material vor dem Bruch vollständig konsolidiert hat, eine örtliche Porenwasserspannung im Gebiete des Hangfußes erzeugen. Je höher der Anteil der Kohäsion an der Scherfestigkeit ist, umso intensiver ist die mit dem von oben nach unten fortschreitenden Bruchvorgang verbundene Verlagerung der Kräfte. Die Gefahr eines progressiven Bruches ist daher bei hochkohärenten Materialien besonders groß. Bei der Stabilitätsberechnung von Erddämmen sollte deshalb ein genügender Sicherheitsgrad auch ohne Berücksichtigung der Kohäsion nachgewiesen werden [49, 51].

Oft setzen mit der Entstehung der Zugrisse im Sackungsgebiet keine rasch verlaufenden Rutschungen ein, sondern langsame Bewegungen, die sich über Jahrzehnte und Jahrhunderte erstrecken. Sie beruhen meistens auf einer Kombination von Kriech- und Gleitvorgängen, analog wie die entsprechenden Bewegungsvorgänge der Schneedecke. Abb. 13 zeigt die Sackungszone einer von H. Jäckli beschriebenen Bodenbewegung am Heinzenberg, die ein aus Bündnerschiefer bestehendes Gebiet von etwa 40 km² umfaßt [16, 36]. Solche Kriech- und Gleitbewegungen treten im Bündnerschiefer überall da auf, wo die Schichten hangparallel verlaufen oder, wie im genannten Gebiet etwas flacher als die Hangoberfläche geneigt sind. Im letzten Fall werden durch die Erosion am Hangfuß stets neue Schichtflächen zu aktiven Gleitflächen. Die von der Eidg. Landestopographie und dem Eidg. Oberbauinspektorat in den Jahren 1910—1931 gemessenen Oberflächenbewegungen des südlichen Heinzenberges, welcher der Seitenerosion eines der gefürchtetsten schweizerischen Wildbäche, der Nolla, ausgesetzt ist, schwanken im Mittel zwischen 10 und 26 cm pro Jahr, bei einer durchschnittlichen Hangneigung von rund 25%. Diese relativ großen Geschwin-

Abb. 13 Blick vom Piz Beverin auf das Rutsch- und Kriechgebiet des Heinzenberggrates (Photo: H. Jäckli; Cliché SBZ)

digkeiten deuten auf eine tiefgreifende Bewegung, die wir als eine Kombination von Kriech- und Gleitvorgängen betrachten. Die Mächtigkeit der von dieser Bewegung erfaßten, im Gebiet des Hangfußes stark zerrütteten Schichtpakete wird vom Geologen H. Jäckli auf rund 50—150 m geschätzt.

Auffallend ist vor allem die Tatsache, daß sich derartige Kriech- und Gleitbewegungen — ganz abgesehen von gewissen Geschwindigkeitsschwankungen — oft mit ziemlicher Regelmäßigkeit über Jahrzehnte vollziehen. Diese Tatsache stimmt einerseits mit der an nicht drainierten Lehmproben festgestellten, nahezu konstanten Kriechgeschwindigkeit bei gleichbleibender Scherspannung überein und läßt anderseits vermuten, daß die verlehmten, wassergeschmierten Schichtflächen, in Verbindung mit der blättrigen Struktur der Bündnerschiefer, den stetigen Fortschritt der Bewegung wesentlich erleichtern.

Während es sich am Heinzenberg um eine Kriech- und Gleitbewegung von Gesteinsmassen handelt, die in der Hauptsache aus zerrütteten Festgesteinen und nur zum kleineren Teil aus eigentlichen Lockergesteinen bestehen, zeigt der in der Einleitung bereits erwähnte Fall von Klosters den langsamen Bewegungsprozeß eines gemischtkörnigen Lockergesteins, das seine Entstehung einem nacheiszeitlichen Bergsturz verdankt (Abb. 14). Neben dem untergeordneten Vorkommen von Tonschiefern, Breccien, Rauhwacke mit Gips und kristallinen Gesteinen besteht dieses Bergsturzmaterial nach A. von Moos vorwiegend aus Dolomit und ruht vermutlich auf Moräne auf. Im Gebiet des linken Widerlagers der Landquartbrücke bei Klosters wurde für die Größenordnung der Durchlässigkeitsziffer k des gemischtkörnigen Materials zu 10^{-4} cm/s ermittelt. Die seit über 50 Jahren durchgeführten Beobachtungen und langjährigen Messungen an den von der Kriechbewegung bedrohten Objekten, unter denen neben der Landquartbrücke vor allem der oberhalb anschließende Kehrtunnel zu erwähnen ist, lassen auf einen ziemlich tiefgründigen, stetigen, aber relativ langsamen Bewegungsvorgang schließen. Die größte Oberflächenbewegung übersteigt kaum einige cm pro Jahr und klingt örtlich gegen das linke Brückenwiderlager stark ab (etwa 0,5 cm/Jahr) [5, 37, 38] (Abb. 14). In einem rund 60 m unter der Oberfläche gelegenen Punkt beträgt die Bewegung nach den Messungen von Prof. Kobold noch rund 2 cm pro Jahr (1952—53).

Wesentlich raschere Kriechbewegungen wurden an *Blockströmen* beobachtet, welche die Hochgebirgsmorphologie vor sehr komplexe bodenmechanische und rheologische Probleme stellen. Es handelt sich dabei um große Schuttmassen, die sich zwar bedeutend langsamer, aber grundsätzlich ähnlich wie die Gletscher bewegen, mit denen sie häufig auch genetisch verknüpft sind. Deshalb werden sie auch als Blockgletscher (rock glaciers) bezeichnet [17]. Abb. 15 zeigt einen solchen Blockstrom, dessen mittlere Neigung rund 1:4 beträgt. Er bildet eines der Studienobjekte der schweizerischen Nationalparkkommission [43].

Nach den Messungen von E. Chaix und J. Domarzky beträgt die Kriechgeschwindigkeit im Stromstrich der Oberfläche rund 100 cm pro Jahr [17]. H. Bösch weist darauf hin, daß ein Blockstrom in der Regel dann abstirbt, wenn die Feuchtigkeitszufuhr, die vorwiegend

Abb. 14 Blick auf das Kriechgebiet unter dem Gotschnagrat bei Klosters

1 = Brücke und Tunneleingang der Rhätischen Bahn
2 = Trasse der Rhätischen Bahn
3 = Gotschna-Seilbahn
(Photo: Schmelz, Klosters)

durch das Abschmelzen von Toteismassen bedingt ist, aufhört. Der Kriechprozeß der untersten Zone des Blockstromes, die angeblich frei ist von Toteis, bietet deshalb noch manches Rätsel. Letzten Endes dürfte es sich bei dieser Übergangsform zwischen Boden- und Gletscherbewegung um das Zusammenspiel ganz verschiedener Einflüsse handeln, unter denen neben der Solifluktion der oberflächlichen Schichten auch die durch Permafrost bedingten Eisbildungen [18], ferner die Wasser- und Luftzirkulation im Zusammenhang mit den Temperaturverhältnissen zu berücksichtigen sind. Nebenbei sei erwähnt, daß in den Schweizer Alpen auch Blockströme in relativ geringer Meereshöhe festgestellt wurden.

Bei den in diesem Abschnitt betrachteten Beispielen handelt es sich in zwei Fällen (Klosters und Blockstrom Val da l'Acqua) um das Kriechen reiner Lockergesteinsmassen, während in den beiden andern Fällen (Roßberg und Heinzenberg) mächtige Schichtgesteine von der Bewegung erfaßt wurden. Terzaghi weist nachdrücklich darauf hin, daß man allgemein zwischen dem Kriechen der oberflächlichen Verwitterungskruste (Solifluktion, skin creep) und dem Kriechen der darunterliegenden Festgesteine (mass creep) unterscheiden muß [30]. In Gebirgen mit hoher Schneebedeckung beobachtet man ferner, daß die Solifluktion nicht nur durch die Witterungseinflüsse wie Frost, Temperatur, Verwitterung usw., sondern vor allem auch durch den Kriechdruck der Schneedecke stark aktiviert wird. Die von der Schneedecke auf den Boden übertragenen Kräfte greifen vor allem an allen vorspringenden Teilen der Bodenoberfläche, wie z. B. an Wegkanten, Blöcken usw. an, wobei oft auch eine eigentliche Verankerung der talseitig des Bodenhindernisses gelegenen Schneedecke vorkommt. Dadurch entstehen relativ große tangentiale Kräfte, welche die Bodenoberfläche aufreißen, so daß das Schmelzwasser durch die Spalten ins Innere des Bodens gelangt. In schneebedeckten Gebirgen muß deshalb das Kriechen der obersten, von der Solifluktion erfaßten Bodenschichten im Zusammenhang mit dem Kriechen und Gleiten der Schneedecke betrachtet werden. Entsprechendes gilt für die Gletschersohle, die von den gewaltigen, vom Eis übertragenen Tangentialkräften beansprucht wird.

Beim Kriechen der tieferliegenden Gesteinsmassen kommen sowohl Locker- wie Festgesteine in Betracht. Ein Mittelglied bilden die stark zerrütteten und verwitterten Schiefer, wie z. B. der Bündnerschiefer, dessen Kriechtendenz im Zusammenhang mit der Erosion und der damit verbundenen Geschiebeführung auch für den ganzen Oberlauf des Rheins bis zum Bodensee von Bedeutung ist [36]. Nach Jäckli werden rund 2800 km² des bündnerischen Rheingebietes, d. h. nahezu die Hälfte des Gesamtgebietes, durch Gesteine mit oberirdischem Abfluß, sehr geringer Erosionsresistenz und ausgesprochener Neigung zu langsamen Kriechbewegungen gebildet. Diese Gesteine, welche als große Geschiebelieferanten bekannt sind, bestehen neben Flysch hauptsächlich aus Bündnerschiefer, dessen schiefrige Textur bei reichlichem Tongehalt die Differentialbewegung des Kriechprozesses erleichtert. Da die in die Schicht- und Schieferungsflächen eindringende Feuchtigkeit die Bildung von quell- und kriechfähigen Tonmineralien fördert, gehört die Entwässerung, insbesondere im Sackungsgebiet, nach wie vor zu den wichtigsten Maßnahmen im Kampfe gegen die Bodenbewegungen [16, 36].

Beim Kriechen der massiven Festgesteine handelt es sich um Vorgänge, die sich, über geologische Zeiträume erstreckend, der menschlichen Beobachtung und Vorstellungskraft teilweise entziehen. Einen großartigen Anschauungsunterricht vermittelt uns in dieser Beziehung der Gletscher, dessen Kriechprozeß die stetig fortschreitende Verformung eines polykristallinen Festkörpers unter der Wirkung von Scherkräften demonstriert, die nur selten die Scherfestigkeit erreichen.

Wird z. B. die Eismasse durch einen in der Längsrichtung des Gletschers wirkenden Staudruck zusammengepreßt, so erfährt sie als nahezu volumenkonstanter Kör-

per eine entsprechende Querdehnung, die eine lokale Hebung der Gletscheroberfläche bewirkt. Ist die Intensität dieses Staudruckes nicht konstant, sondern einer jährlichen Schwankung unterworfen, wie dies z. B. am Fuße der Steilstufen vorkommt [21], so entsteht Jahr für Jahr eine Druckwelle, die sich mit fortschreitender Gletscherbewegung allmählich zur schön geschwungenen Ogive ausweitet (siehe Titelbild). So bilden sich gleichsam Jahrringe, wobei der in Längsrichtung des Gletschers gemessene Abstand zweier Wellenberge der mittleren Jahresgeschwindigkeit der Gletscheroberfläche an der betreffenden Stelle entspricht. Die Frage, wie weit bei der Gebirgsbildung analoge Vorgänge der Querdehnung kriechender Gesteinsmassen, die unter horizontalem Gebirgsdruck stehen, zu lokalen Hebungen führen können, muß vom Geologen und Tektoniker beurteilt werden. Eine solche Fragestellung mag auch im Hinblick auf die zur Zeit in Diskussion stehende Hebung «junger» Gebirge, wie z. B. des Himalaja, ein gewisses Interesse bieten.

3. Gletscher

In den eisbedeckten Gebieten der Erde wird der Kreislauf des Wassers nur durch die Gletscherbewegung gewährleistet. Ihre Erforschung, die, eingeleitet von J. J. Scheuchzer (1672—1733) und M. A. Cappeler (1685—1769), durch die klassischen Untersuchungen von Agassiz am Unteraargletscher (1841—1846) in neue Bahnen gelenkt wurde, führte erst nach vielen Umwegen zu der heute gültigen Gravitationstheorie [32, 33, 41]. Nachdem bereits B. de Saussure (1740—1812) die Schwerkraft als die alleinige treibende Ursache der Bewegung erkannte, ist es vor allem das Verdienst Forbes, das bereits von Bordier um 1773 vermutete und von Rendu verteidigte plastische Verhalten des Eises nachgewiesen zu haben [45].

Die Annahme, daß sich das Eis ähnlich wie eine Newton'sche Flüssigkeit von sehr hoher Zähigkeit verhalte, die den Formulierungen von Somigliana (1921) zugrunde liegt [19], brachte eine stark vereinfachte aber sehr anschauliche Vorstellung der kontinuierlichen Phase der Gletscherbewegung, welche durch zahlreiche Beobachtungen an flachen Eisströmen im wesentlichen bestätigt wurde. Nachdem jedoch die neueren Laboratoriumsuntersuchungen gezeigt haben, daß das Eis keine konstante Zähigkeit im Newton'schen Sinne besitzt, bedarf auch dieses Bild einer gewissen Korrektur. Man kann sich z. B. eine Flüssigkeit vorstellen, deren scheinbare Zähigkeit u. a. vom Spannungszustand abhängt, also von Punkt zu Punkt ändert. So wird nach Abb. 7 die scheinbare Zähigkeit des Eises ($\mu = \mathrm{tg}\mu^* = \frac{\tau}{\omega}$) mit zunehmender Scherspannung immer kleiner. Mit dieser Abhängigkeit verliert der Zähigkeitsbegriff seine ursprüngliche Bedeutung als Materialkonstante. Die neueste, namentlich in England geförderte Entwicklung geht deshalb dahin, die Mechanik der Gletscherbewegung auf jene Festwerte zurückzuführen, welche das Kriechen des Eises (bzw. seine Fließkurve) am besten charakterisieren [20, 42, 46]. Als große Unbekannte bleibt dann noch die Gleitgeschwindigkeit der Eismasse auf der Sohle.

In der Schweiz, wo in neuester Zeit verschiedentlich glaziologische Untersuchungen im Dienst technischer Aufgaben angestellt wurden, hat sich gezeigt, daß der Begriff der «scheinbaren Zähigkeit» als Grundlage zur Lösung praktischer Probleme nach wie vor brauchbar ist. Bei aller Anerkennung der in den letzten Jahren erzielten Fortschritte auf dem Gebiete der Eismechanik muß doch festgestellt werden, daß die Verformbarkeit des Eises (Fließkurve) neben der Einwirkung der Scherspannung zahlreichen Einflüssen unterworfen ist, die noch nicht genügend erforscht sind. Solange diese Situation besteht, erscheint es zum mindesten als verfrüht, den traditionellen Begriff der Zähigkeit, der dank seinem summarischen Charakter den Vergleich und die Übersicht wesentlich erleichtert, über Bord zu werfen. Die Kunst besteht dann lediglich darin, für eine konkrete Aufgabe mit einem gegebenen Spannungs- und Temperaturbereich den maßgebenden Wert der scheinbaren Zähigkeit richtig abzuschätzen, bzw. durch Versuche an Ort und Stelle zu ermitteln [39, 40].

Um einen Begriff der Größenordnung und des Variationsbereiches der Zähigkeit des temperierten Gletschereises zu geben, wurde für acht schweizerische Gletscherprofile auf Grund der gemessenen Oberflächengeschwindigkeiten, der seismisch ermittelten maximalen Profiltiefe sowie der bekannten Breiten und Neigungen der Gletscher mit Hilfe der Formel von Somigliana die mittlere, bzw. maßgebende scheinbare Zähigkeit μ des Eises berechnet. Da diese Berechnung auf der Annahme beruht, daß der Gletscher im betrachteten Profil nicht auf der Sohle gleitet, wurden zum Vergleich nur Profile im flachen und möglichst regelmäßigen Teil des betreffenden Eisstromes verwendet. Die so erhaltenen Werte der scheinbaren Zähigkeit liegen in der Größenordnung von $2 \cdot 10^{14}$ Poise, bzw. $2 \cdot 10^{12}$ kg $\cdot$ m^{-2}/sec und zeigen relativ geringe Schwankungen. Für ein auf 2400 m ü. M.

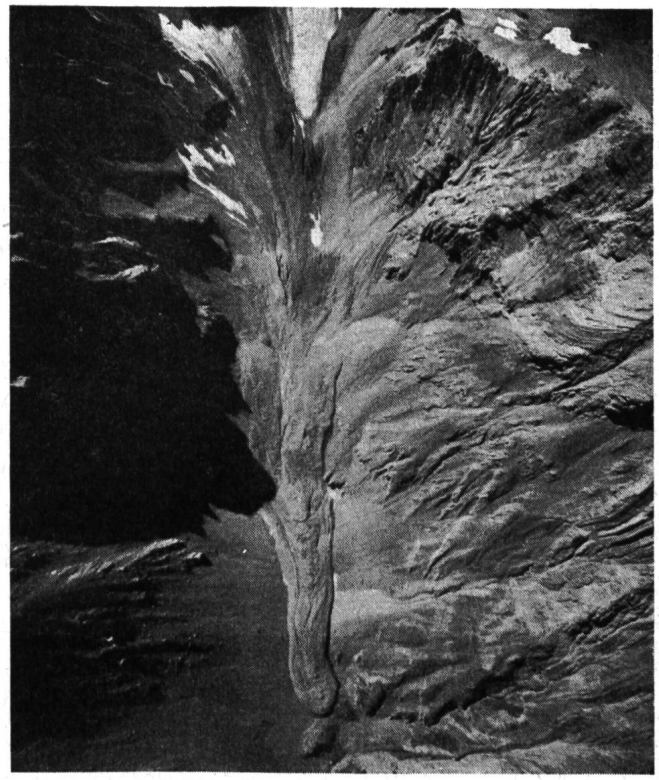


Abb. 15 Blockstrom im Val da l'Acqua, Schweiz. Nationalpark. (Photo: Eidg. Landestopographie, 24. September 1947, alle Rechte vorbehalten)

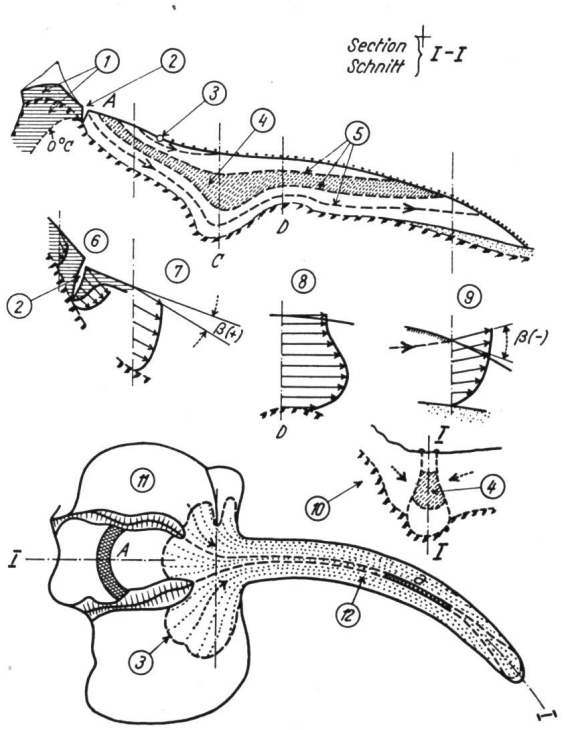


Abb. 16 Zusammengesetzter Gletscher vom Typus des großen Aletschgletschers, schematisch

1 = Permafrostzone, 2 = Bergschrund, 3 = Firnlinie, 4 = Stromröhre, 5 = Stromlinien, 6 bis 9 = Kriechprofile, 10 = Querschnitt bei C, 11 = Firngebiet, 12 = Ablationsgebiet

gelegenes Profil des Zmuttgletschers ergaben sich z. B. folgende Zahlen:

Gemessen:	Maßgebende Eismächtigkeit	= 180 m
	Maßgebende Oberflächengeschw.	= 5,36 cm/Tag
	Mittlere Gletscherbreite	= 180 m
	Mittlere Neigung der Gletscheroberfläche	= 8,5%
Geschätzt:	Mittleres Raumgewicht des Eises	= 900 kg/m³
Berechnet:	Maßgebende scheinbare Zähigkeit	$\mu_m = 1{,}7 \cdot 10^{14}$ Poise

Anderseits wurde in einem etwa 1000 m langen, durch die S. A. l'Energie de l'Ouest-Suisse (E. O. S.) auf etwa 2400 m ü. M. vorgetriebenen Eisstollen versucht, die Zähigkeit auf Grund der während eines Jahres gemessenen, stetig fortschreitenden Kontraktion von Kreisprofilen (ø = 2,2 m) zu ermitteln. Wie erwartet wurde, ergab sich eine deutliche Abnahme der scheinbaren Zähigkeit mit zunehmender Überlagerung, nämlich von 7,2 bei 25 m auf $2{,}5 \cdot 10^{14}$ Poise bei 43 m Überlagerungshöhe. Man beachte, daß dieser letzte μ-Wert von derselben Größenordnung ist wie die oben angegebene Zähigkeit des ganzen Gletscherprofils. Demgegenüber wurden in der Eiscalotte des Jungfraujoches, die sich in der Permafrostzone befindet (Eistemperatur etwa —0,5° bis —2° C), scheinbare Zähigkeiten ermittelt, die nahezu zehnmal größer sind als die für temperierte Gletscher gefundenen Werte. Daraus darf geschlossen werden, daß sich gewisse mechanische Eigenschaften des Eises mehr oder weniger sprunghaft ändern, sobald dessen Temperatur unter den Druckschmelzpunkt sinkt.

Hinsichtlich des Vergleiches der Kriech- bzw. Fließprozesse von temperiertem Eis und Lehm auf der Grundlage von Abb. 7 bietet folgende Gegenüberstellung der für gewisse Spannungsbereiche erhaltenen mittleren scheinbaren Zähigkeiten einiges Interesse [39].

Tabelle 2

Scheinbare Zähigkeitswerte von Eis und Lehm

	Fall	Überlagerungsdruck bzw. Konsolidationsdruck in kg/cm²	τ_{max} kg/cm²	μ-Werte in Poise
Eis	Unteraargl. Pav. Dollfuß	ca. 0–28	ca. 0—2	$2{,}0 \cdot 10^{14}$
	Zmuttgl. Querprofil 2400 m ü. M.	0–16	ca. 0—2	$1{,}7 \cdot 10^{14}$
	Zmuttstollen Kreisprofil 547	3,9	—	$2{,}5 \cdot 10^{14}$
	Zmuttstollen Kreisprofil 200	2,2	—	$7{,}2 \cdot 10^{14}$
Lehm	Probe 4002 Triaxialversuch 7.–14. Tag (Bild 6a)	2,0	0,4	$5{,}6 \cdot 10^{14}$
	Ringscherversuch nach 26 Tagen (Bild 6)	2,0	0,4	$5{,}0 \cdot 10^{14}$

Beim Vergleich dieser Zahlen fällt auf, daß die scheinbare Zähigkeit des temperierten Gletschereises innerhalb des untersuchten Spannungsbereiches von derselben Größenordnung ist, wie diejenige der konsolidierten Lehmproben, die von der VAWE für Kriechversuche verwendet wurden. Wohl spielt bei dieser bemerkenswerten Koinzidenz ein zufälliges Element hinein, indem die Zähigkeit des gesättigten Lehmes in erster Linie von seinem Wassergehalt, der einem gewissen Konsolidationsdruck und einer gewissen Konsistenz (Steifigkeit) entspricht, abhängig ist. Anderseits weisen aber obige Zahlen — in Verbindung mit der engen Verwandtschaft, die zwischen den Fließkurven von Eis und Lehm besteht (vgl. Abb. 7) — erneut darauf hin, daß hier ein innerer Zusammenhang vorliegt, der vor allem durch das eisähnliche Verhalten der zähen Wasserhüllen der feinen Lehmpartikel bedingt ist.

Wenn wir nachstehend einige Fließprobleme eines zusammengesetzten alpinen Gletschers — etwa vom Typus des Aletschgletschers — diskutieren, so sei zunächst an den polaren Gegensatz zwischen Firn- und Ablationsgebiet erinnert. Für eine kontinuierliche und laminare Strömung hat z. B. Finsterwalder durch rein kinematische Überlegungen gezeigt, daß das Ablationsgebiet angenähert als verzerrte Abbildung des Firnge-

bietes betrachtet werden kann (Abb. 16). Von der Teilfläche A des Firngebietes führt eine Stromröhre, deren Kontinuität oft durch verschiedene Einflüsse gestört wird, zu ihrem entsprechenden Abbild a im Ablationsgebiet. Die Firnlinie, welche die beiden Gebiete voneinander trennt, bildet auch hinsichtlich der Gletscherbewegung eine markante Grenze, indem oberhalb dieser Linie der jährliche Firnzuwachs ein Eintauchen der Stromlinien unter die Gletscheroberfläche bewirkt (positiver Kriechwinkel β), während unterhalb derselben die jährliche Ablation ein Auftauchen der austretenden Stromfäden bedingt (β negativ). Nebenbei sei bemerkt, daß auf dem Wege längs tieftauchender Stromlinien, die das Eis im Laufe der Jahrhunderte vom obern Firngebiet nach dem untern Zungenende führen, sich das Wunder der Metamorphose vom feinkörnigen Schnee bis zum polykristallinen, oft faustgroße Körner enthaltenden Gletschereis vollzieht.

Neben den zahlreichen Geschwindigkeitsmessungen an der Oberfläche von Gletschern, unter denen sich diejenigen des Rhonegletschers über eine Periode von 41 Jahren erstrecken, existieren heute erst wenige Messungen und Beobachtungen, die über die Bewegungsverhältnisse im Innern von Eisströmen Aufschluß geben. Zwei annähernd horizontale Stollen, die den Felsuntergrund im Ablationsgebiet nach etwa 200 m (Mt. Collongletscher, Schweiz) bzw. 100 m (Skantehöe Gletscher, Norwegen) erreichten, zeigten eine vollkommene kontinuierliche Bewegung innerhalb der Eismasse und ein mehr oder weniger starkes Gleiten auf der Felssohle [21, 22]. Die Kontinuität der Verformung wurde — abgesehen von der Erscheinung wassergefüllter Spalten — auch in den auf dem Jungfraujoch ausgeführten Eisstollen festgestellt. Letztere liegen jedoch alle in der Eiscalotte oberhalb des Bergschrundes, wo der Permafrost bis in den Felsuntergrund eindringt und ein relativ starres und sprödes Verhalten des an der Felssohle größtenteils festgefrorenen Eises bedingt.

Talwärts des Bergschrundes [3], wo die Eistemperatur trotz einer mittleren Jahrestemperatur der Luft von — 8° C schon in etwa 15 m Tiefe den Druckschmelzpunkt erreicht [23], wurde von Gerard, Perutz und Roch erstmals ein vertikales Kriechprofil von etwa 130 m Tiefe aufgenommen, das bei einer Oberflächengeschwindigkeit von 38 m pro Jahr eine nach unten stark zunehmende Krümmung zeigte. Hervorzuheben ist die daraus gezogene Folgerung, daß der Geschwindigkeitsgradient nicht linear mit der Scherspannung zunimmt, wie bei einer Newton'schen Flüssigkeit, sondern progressiv, d. h. in Übereinstimmung mit den Ergebnissen der Kriechversuche mit polykristallinem Eis [24].

Besonders instruktiv ist der Zusammenfluß der drei Gletscherarme im Gebiet des Konkordiaplatzes, wo der mittlere Eisstrom von den beiden seitlichen Rivalen bis auf einen schmalen Streifen von der Oberfläche in die Tiefe verdrängt wird (Abb. 17). Durch seismische Messungen wurde eine maximale Eismächtigkeit von nahezu 800 m festgestellt (Loewe, Mothes und Sorge, 1929) gegenüber rund 500—550 m am Ausfluß des Konkordiaplatzes (A. Süßtrunk und Florin, 1947). Es existiert somit hier eine beträchtliche Übertiefung, die nicht durch die Geologie des Untergrundes, sondern durch die örtlich verstärkte Kolkkraft des Gletschers bedingt ist. Auch in andern Alpentälern, die ihren Stufencharakter der Glazialerosion verdanken, wurden auf seismischem Wege oder durch Bohrungen größere Austiefungen vorwiegend da festgestellt, wo zwei oder mehrere Gletscher zusammenfließen.

Die Bildung der talseitigen Felsschwelle im Gebiet des engsten Ausflußquerschnittes des Gletscherbeckens,

[3] Beim Jungfraujoch.

Abb. 17
Blick auf den Konkordiaplatz am Zusammenfluß des Großen Aletschgletscher (links), Jungfraufirn (Mitte) und Ewigschneefeld (rechts)
Photo: Eidg. Landestopographie, 24. September 1947, alle Rechte vorbehalten)

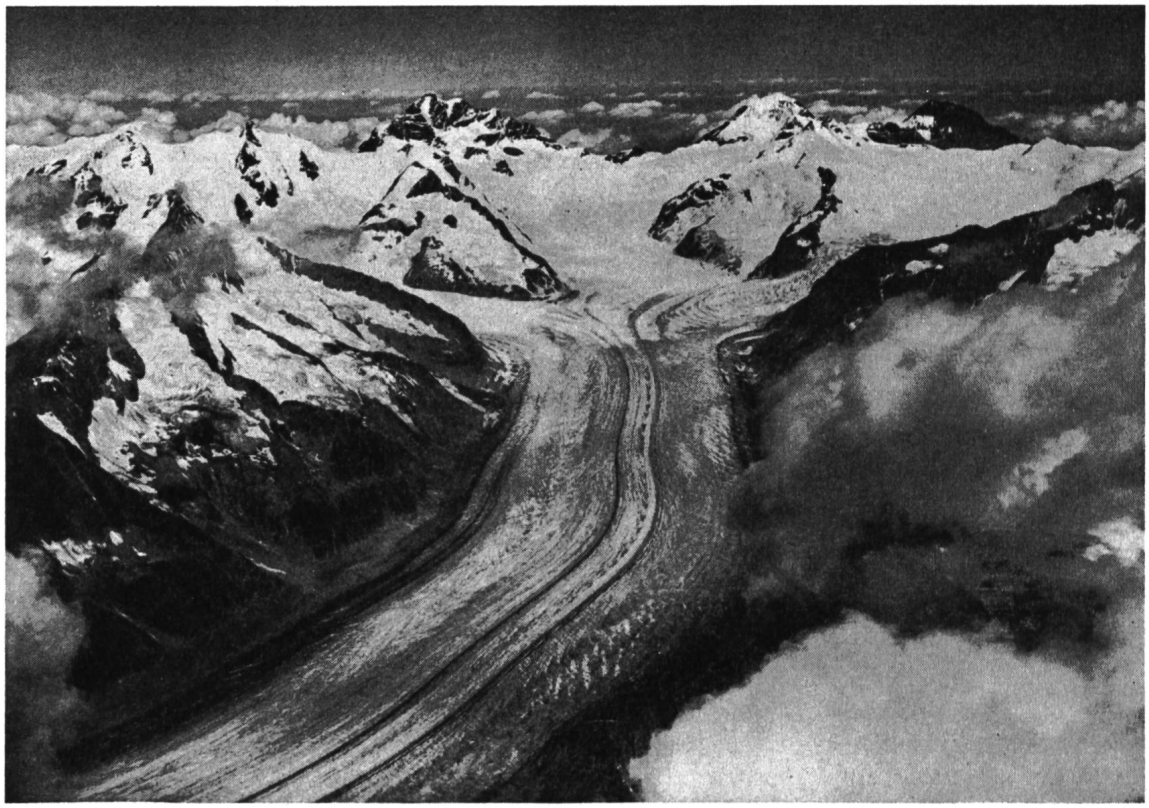


Abb. 18 Großer Aletschgletscher mit Blick gegen Konkordiaplatz (Photo: Swissair)

die auf ein Nachlassen der Kolkkraft gegen den Engpaß hin schließen läßt, gehört zu den interessantesten Problemen der Glazialerosion. Große Bewegungshindernisse rufen erhöhte Kriechdrücke, wie sie nach Abb. 16 zwischen C und D auftreten, hervor und begünstigen damit die Druckschmelzung des temperierten Eises. Es ist wahrscheinlich, daß das Eis dadurch plastischer und die Erosionskraft des im Eise eingebetteten Geschiebes vermindert wird. Diese erstmals von Carol [25] zur Erklärung der Rundhöckerbildung vertretene Ansicht mag auch die Diskussion über die Entstehungsweise großer Felsbarrieren und damit den Anteil des Gletschers an der Bildung der Alpenrandseen befruchten [26]. Beim Studium derartiger Fragen, die den Bewegungsmechanismus und die Erosionswirkung des Gletschers betreffen, ist ferner der Entstehung gespannten Porenwassers zwischen den Eiskristallen sowie zwischen Eis und Fels besondere Beachtung zu schenken.

Hinsichtlich der Geschwindigkeitsverteilung des Eises im Ausflußprofil des Konkordiabeckens wurde für das Jahr 1946/47 eine mittlere Oberflächenbewegung von 165 m/Jahr bei einem Maximalwert von 206 m/Jahr gemessen (Abb. 18). Aus der bereits erwähnten größten Profiltiefe von rund 500—550 m und der Annahme eines parabolischen Querschnittes wurde anderseits rein bilanzmäßig eine mittlere Geschwindigkeit von mehr als 200 m pro Jahr berechnet, also ein wesentlich höherer Wert als die gemessene mittlere Oberflächengeschwindigkeit. Daraus folgt, daß in diesem Profil die größte Querschnittsgeschwindigkeit nicht an der Oberfläche des Gletschers, sondern in einer gewissen, noch nicht näher bekannten Tiefe auftritt. Diese Erscheinung des Ausquetschens wird im englischen Sprachgebrauch als «extrusion flow» bezeichnet [46, 50].

An Pfingsten 1919 hat am Zusammenfluß des mittleren und rechten Gletscherarmes ein mächtiger Felsblock, «Konkordiablock» genannt, seine Fahrt über den Gletscher angetreten und in 33 Jahren einen Weg von rund 5 km zurückgelegt. Wir schließen in der Hoffnung, daß während den über 100 Jahren, welche die Reise des Konkordiablockes bis zum Ende der Gletscherzunge beanspruchen dürfte, auch die menschliche Erkenntnis auf dem Gebiete des Kriechens einen Weg zurücklegt, der nicht nur ihren Stoff bereichert, sondern näher an den lebendigen Ursprung der Dinge heranführt.

Personelles: Den Mitarbeitern der Versuchsanstalt für Wasserbau und Erdbau an der ETH, insbesondere den Herren Dr. von Moos, Schaerer, Amberg, Zeller, Scherrer und Kasser, die zur Durchführung und Publikation der vorliegenden Untersuchungen beigetragen haben, möchte ich an dieser Stelle bestens danken.

Literaturnachweis [...]

1 M. Reiner (1949): Twelve lectures on theoretical rheology. North-Holland Publishing Company, Amsterdam.

2 J. M. Burgers and C. W. Scott Blair (1949): «Report on the principles of rheological nomenclature». Proc. 1st Int. congr. Rheol. Scheveningen.

3 E. C. W. A. Geuze and Tan Tjong-Kie (1953): Rheological Properties of Clays. Delfts Soil Mech. Laboratory.

4 R. Haefeli (1951): Neuere Entwicklungstendenzen und Probleme des Lawinenverbaus im Anbruchgebiet. Beiheft Nr. 26 zu den Zeitschriften des Schweiz. Forstvereins; Mitteilung Nr. 21 der VAWE.

5 R. Haefeli, Ch. Schaerer and G. Amberg (1953): The Behaviour under the Influence of Soil Creep Pressure of the Concrete Bridge bilt at Klosters by the Raetian Railway Company, Switzerland.
Proc. Third Int. Conf. on Soil Mechanics and Foundation Engineering. Switzerland; Mitteilungen Nr. 26 der VAWE.
6 E. C. Bingham and M. Reiner (1933): The Rheological Properties of Cement and Cement-Mortar-Stone. Physics 4 (88—96) 102.
7 M. Birkenmaier (1952): Die Berechnung der Spannungsverluste im vorgespannten Beton. Schweiz. Bauzeitung Bd. 70 Nr. 45.
8 R. Staub (1924): Der Bau der Alpen. Versuch einer Synthese. Beiträge zur geologischen Karte der Schweiz. Nr. 52 N. F. Bern.
9 J. Cadisch unter Mitarbeit von E. Niggli (1953): Geologie der Schweizer Alpen. Wepf & Cie., Basel.
10 A. Casagrande und D. Wilson (1950): Effect of Rate of Loading on the Strength of Clays and Shales at Constant Water Content. Harvard Soil Mechanics Series, No. 39.
11 J. W. Glen (1952): Experiments on the Deformation of Ice. Journal of Glaciology, Vol. 2, No. 12, p. 111.
12 H. Winterkorn (1943): The Conditions of Water in Porous Systems. Soil Science, pp. 109—115.
13 G. P. Tschebotarioff (1951): Soil Mechanics Foundations and Earth Structures. Mc Graw-Hill, New York etc.
14 K. Terzaghi (1951): Mechanism of Landslides. Harvard Soil Mechanics Serie, No. 36.
15 A. von Moos (1953): Der Baugrund der Schweiz. Schweiz. Bauzeitung, Bd. 71. (Subsoil of Switzerland. Proceedings of the Third International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, 1953, Switzerland.)
16 H. Jäckli (1948): Die Bodenbewegung im Hinterrheintal und ihre bautechnischen Auswirkungen. Schweiz. Bauzeitung, Vol. 66, Nr. 37.
17 H. Boesch (1951): Beiträge zur Kenntnis der Blockströme. Die Alpen, Vol. 27, Nr. 1.
18 K. Terzaghi (1952): Permafrost. Harvard Soil Mechanics Series, No. 37, Cambridge, Massachusetts.
19 C. Somigliana (1921): Sulla profondità dei ghiacciai. Rendiconti della R. accademia nazionale dei Linciei, Vol. 30.
20 F. J. Nye (1952): The Mechanics of Glacier Flow. Journal of Glaciology, Vol. 2, No. 12, p. 82.
21 R. Haefeli (1951): Some Observations on Glacier Flow. Journal of Glaciology, Vol. 1, No. 9, p. 496. Mitt. Nr. 26 der VAWE.
22 J. G. McCall (1952): The Internal Structure of a Crique Glacier. Journal of Glaciology, Vol. 2, No. 12, p. 122.
23 G. Seligman (1941): The Structure of a Temperate Glacier. Geographical Journal, Vol. 97, No. 5, p. 295.
24 M. F. Perutz (1950): Direct Measurement of the Velocity Distribution in a Vertical Profile through a Glacier. Journal of Glaciology, Vol. 1, No. 7, p. 382.
25 H. Carol (1943): Beobachtung zur Entstehung der Rundhöcker. Die Alpen, 1943, H. 6.
26 H. Carol (1947): The Formation of «Roches Moutonnées», Journal of Glaciology, Vol. I, p. 57—63.
27 R. Haefeli (1942): Spannungs- und Plastizitätserscheinungen der Schneedecke unter besonderer Berücksichtigung der Schneedruckberechnung und verwandter Probleme der Erdbauforschung. Schweiz. Archiv für angewandte Wissenschaft und Technik, H. 9—12, 8. Jahrgang; Mitteilung Nr. 2 der VAWE. (1944): Erdbaumechanische Probleme im Lichte der Schneeforschung, Schweiz. Bauzeitung, Bd. 123; Mitt. Nr. 7 der VAWE.
Mitt. Nr. 7 der VAWE.
28 R. Haefeli — Ch. Schaerer (1946): Der Triaxialapparat, ein Instrument der Boden- und Eismechanik zur Prüfung von Verformungs- und Bruchzuständen. Schweiz. Bauzeitung, Bd. 128, und Mitt. Nr. 11 der VAWE.
29 W. Penk (1924): Morphologische Analyse.
30 K. Terzaghi (1953): Discussion Session 7, Third International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Switzerland, Vol. III.
31 M. Lugeon (1922): Sur le balancement des couches. Barrages et géologie. Libr. Rouge, Lausanne.
32 P. Niggli (1946): Die Schnee-, Lawinen- und Gletscherkunde in der Schweiz. Mitteilung des Eidg. Institutes für Schnee- und Lawinenforschung, Nr. 1.
33 R. Haefeli (1948): The Development of Snow and Glacier Research in Switzerland. The Journal of Glaciology, Vol. I, p. 193—201.
34 A. Heim (1882): Über Bergstürze. Neujahrsblatt der naturforschenden Gesellschaft, Zürich.
35 Schweizer Alpen-Club (1911): Geologische Wanderungen durch die Schweiz, mit einer Einführung von Dr. J. Weber, I. Bd., p. 122—129.
36 H. Jäckli (1953): Geologische Eigentümlichkeiten der Geschiebeherde des bündnerischen Rheingebietes. Wasser- und Energiewirtschaft, Nr. 8 und 9, Zürich.
37 C. Mohr, R. Haefeli (1947): Umbau der Landquartbrücke der Rhätischen Bahn in Klosters. Schweiz. Bauzeitung, Jahrg. 65, p. 1—12; Mitt. Nr. 12 der VAWE.
38 A. W. Skempton (1953): Earth Pressure, Retaining Walls, Tunnels and Strutted Excavations. General Report. Proceedings of the Third International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Vol. II, p. 358—361.
39 R. Haefeli und P. Kasser (1951): Geschwindigkeitsverhältnisse und Verformungen in einem Eisstollen des Zmuttgletschers. Assemblée Générale de Bruxelles de l'Union Int. de Géodésie et Géophysique, Ass. d'Hydrologie Scientifique, Tom. I, p. 222—236.
40 J. F. Nye (1953): The flow of Ice from Measurement in Glacier Tunnels, Laboratory Experiment and the Jungfraufirn Experiment. Proceedings of the Royal Society, A, vol. 219, p. 477—489.
41 W. Jost (1953): Das Grimselgebiet und die Gletscherkunde. Die Alpen, Heft 8.
42 M. F. Perutz (1947): Report on Problems Relating to the Flow of Glaciers. The Journal of Glaciology, Vol. I, No. 2, p. 47—50.
43 J. Domarzky (1951): Blockströme im Kanton Graubünden usw. Dissertation, Universität Zürich.
44 W. Bernatzik (1947): Baugrund und Physik. Schweizer Druck- und Verlagshaus, Zürich.
45 L. Rütimeyer (1881): Zur Geschichte der Gletscherstudien. Jahrbuch des Schweizer Alpen-Club, p. 379—418.
46 M. F. Perutz (1953): The Flow of Glaciers. Nature, Vol. 172, p. 929.
47 A. Renaud (1949): A contribution to the study of the glacier grain. Journ. of Glaciology, Vol. 1, No. 6, p. 320—324.
48 R. Haefeli (1939): Schneemechanik mit Hinweisen auf die Erdbaumechanik. Diss. ETH, Zürich.
49 R. Haefeli (1951): Investigation and Measurement of the Shear Strength of saturated Cohesive Soils. Mitt. No. 20 der VAWE.
50 R. Haefeli und P. Kasser (1948): Beobachtungen im Firn und Ablationsgebiet des großen Aletschgletschers. SBZ 1948, Nr. 35 und 36. Mitt. No. 15 der VAWE.
51 D. W. Taylor (1948): Fundamentals of Soil mechanics. New York, John Wiley & Sons.

Gewässerschutz

Mit der überwältigenden Annahme des Art. 24quater der Bundesverfassung in der Volksabstimmung vom 6. Dezember 1953 ist der Gewässerschutz, der in den letzten Jahren immer mehr die Gemüter beschäftigt hat, erst recht in die öffentliche Diskussion getreten. Das Volk sieht heute die Mißstände und die Gefahren, welche sich aus der Verschmutzung der Gewässer ergeben, ein, und es konnte auch von der Notwendigkeit von Sanierungsmaßnahmen überzeugt werden. Dabei mußte zudem das wachsende Bedürfnis nach konkreter Aufklärung über die tatsächlichen Zustände, die Möglichkeit prophylaktischer Maßnahmen und die wirksame Durchführung der Sanierung «kranker» Gewässer festgestellt werden. Heute geht es weitgehend darum, den Verfassungsgrundsatz zum Schutze der Gewässer gegen Verunreinigung zu verwirklichen und vorab die notwendigen gesetzlichen Grundlagen auf eidgenössischem Boden zu schaffen, um die als notwendig erkannten Maßnahmen durchführen zu können. Die *Handelshochschule St. Gallen* war daher gut beraten, als sie es für geboten erachtete, im Rahmen der schweizerischen Verwaltungskurse einen solchen über «Gewässerschutz»

durchzuführen und damit Behördemitgliedern und Beamten sowie Funktionären politischer Parteien und Fachverbänden, Mitarbeitern der Presse und auch einfachen Bürgern ein Bild der heutigen Sachlage zu verschaffen, woraus die notwendigen Schlüsse für das praktische Handeln gezogen werden sollten.

Das ausgezeichnete Echo, welches die Einladung zu einem solchen Kurs fand, geht schon rein zahlenmäßig daraus hervor, daß weit mehr Anmeldungen eingegangen sind, als überhaupt berücksichtigt werden konnten und daher nach einem ersten Kurs mit rund 300 Teilnehmern ein zweiter ins Auge gefaßt werden mußte. Noch nie wurde an einem Verwaltungskurs eine so hohe Teilnehmerzahl registriert, konnte der Rektor der Handelshochschule in seinem Begrüßungswort an die Vertreter des Bundes, an Vertreter von Kantons- und Gemeindebehörden aus sämtlichen Kantonen und an eine Anzahl Teilnehmer aus dem benachbarten Ausland, Österreich, Deutschland und dem Fürstentum Liechtenstein, feststellen. Die Wichtigkeit des Kurses und dessen Besuch auch aus dem Ausland, betonte der st. gallische Landammann Dr. *S. Frick*, aber auch mit dem Hinweis auf eine Reihe von Fragen, die nur durch internationale Zusammenarbeit gelöst werden können, wobei er namentlich auf jene die Kreise des Wasserwirtschaftsverbandes wohl besonders interessierenden Probleme, die mit dem Bodensee und der Hochrheinschiffahrt zusammenhängen, hinwies. Es sei übrigens gleich hier schon vorweggenommen, daß gerade diese Frage in einem andern Zusammenhang in der Diskussion wieder aufgegriffen worden ist. Dabei wurde auf die Gefahren der Verschmutzung der Gewässer mit Öl durch die Schifffahrt hingewiesen, anderseits aber auch wieder betont, daß die zu befürchtenden Beeinträchtigungen bei gutem Willen weitgehend gebannt werden können.

Es wäre nicht möglich, im Rahmen einer kurzen Berichterstattung über die elf einstündigen Vorträge, die während der beiden Tage des Kurses gehalten worden sind, im einzelnen zu berichten. Von einem Praktiker, dem Kantonschemiker Dr. *E. Wyser*, St Gallen, erfuhr man zuerst von den Anforderungen, welche an die Qualität von Trink- und Brauchwasser gestellt werden. Namentlich soll eine strikte Anwendung der einschlägigen Bestimmungen der Lebensmittelgesetzgebung vor Krankheiten schützen, wobei die Aufbereitung des Wassers nicht zu umgehen ist, wenn Krankheitskeime auftreten und wenn gewisse chemische Eigenschaften sich zeigen oder eventuell fehlen; dann sieht sich beispielsweise auch die Industrie zur Enteisenung und zu anderweitigen Behandlungen ihres Brauchwassers gezwungen.

In einem weiteren Vortrag zeigte sodann Prof. Dr. *O. Jaag*, Direktor der EAWAG * und Präsident der Schweizerischen Vereinigung für Gewässerschutz, in anschaulicher Weise den derzeitigen Zustand der schweizerischen Gewässer auf. Mit graphischen Darstellungen wurde den Kursteilnehmern eindrücklich die katastrophale Verschlechterung der Verhältnisse vor Augen geführt, die Ursachen und die Folgen der Entwicklung aufgezeigt und der Weg gewiesen zur Verhütung weiterer Verderbnis unserer Flüsse und Seen, aber auch der Grundwasser. Anschließend referierten Dr. *K. Wuhrmann* und *H. Kuisel* über die Reinigung häuslicher und die Behandlung industrieller Abwasser. Sowohl häusliche als auch industrielle Abwasser tragen mit der dichter werdenden Besiedelung einerseits und der zunehmenden Industrialisierung anderseits immer mehr dazu bei, die Vorfluter zu verunreinigen und das verwendbare Wasser zu einem Mangelstoff werden zu lassen. Daß daher eine Klärung der Abwasser nötig ist, mit verschiedenen Verfahren, je nach Art der Schutzstoffe und der Zusammensetzung der Abwasser, aber auch möglich ist, brachten beide Referenten auf Grund ihrer Erfahrungen und Forschungsergebnisse an der EAWAG anhand eines reichen Tabellenmaterials zum Ausdruck. Dabei durfte mit Genugtuung auch zur Kenntnis genommen werden, daß selbst die mit großen Kosten für Kläranlagen belastete Industrie sich den Notwendigkeiten nicht verschließt, sondern in aufgeschlossener Weise je länger je mehr durch den Bau zweckmäßiger Abwasserreinigungsanlagen Hand bietet zur Verhütung und Behebung der Mißstände. Angesichts der hohen Kosten der Kanalisationen und der Abwasserreinigungsanlagen scheint deren sorgfältige Projektierung eine Selbstverständlichkeit. Dipl. Ing. *A. Hörler* orientierte mit Lichtbildern über die Grundlagenbeschaffung für die Ausarbeitung genereller Kanalisationsprojekte und über einige Spezialbauten der Kanalisationstechnik, wobei er insbesondere auf die große Bedeutung der Bauzonenpläne bei der Projektgestaltung hinwies. Mit Recht betonte er dabei, daß — wie auf andern Gebieten — auch in der Abwassertechnik alles im Fluß ist und daß es daher unklug wäre, mit dem Bau von Kanalisationen und Abwasserreinigungsanlagen immer wieder zuwarten zu wollen, weil vielleicht weitere technische Neuerungen in Aussicht stehen, bis zur Vollkommenheit aber noch Jahrzehnte vergehen werden.

Über vorsorgliche Maßnahmen zum Schutz der Trinkwasservorkommen gegenüber Abwassereinwirkungen und die Aufbereitung von Rohwasser zu Trinkwasser referierte Ing. *Scheller* an Stelle des erkrankten Ing. Hermann Gubelmann von der Wasserversorgung der Stadt Bern. Wiederum wurden die Gründe der Verunreinigung, die Folgen von Eisen- und Mangangehalt und des Mangels an Sauerstoff im Wasser dargestellt und die Methoden der Aufbereitung veranschaulicht. Immer noch steht hiefür die Chlorierung im Vordergrund, während andere Verfahren, mit denen schlüssige Erfahrungen über Zweckmäßigkeit und Wirtschaftlichkeit noch ausstehen, eher zurückhaltend beurteilt werden.

Wenn in der ersten Serie der Vorträge immer wieder die Bedeutung des Trink- und Brauchwassers im allgemeinen und für die Industrie im besonderen hervorgehoben worden ist, so beleuchtete der Fischereibiologe des Kantons St. Gallen, Dr. *J. Florin*, die Notwendigkeit des Gewässerschutzes vom Standpunkt der Fischerei aus. In seinem abgerundeten Referat über Gewässerverunreinigung und Fischerei wußte er zunächst die Bedeutung der Fischerei zu würdigen, die in der Schweiz immerhin etwa 1000 Familien ernährt. Durch Veränderungen des Chemismus des Wassers wird die Fischerei beeinträchtigt, indem sich an den Netzen festsetzende Algen die Fängigkeit der Gerätschaften beeinträchtigen, Verunreinigung durch Sedimentationserscheinungen die Fortpflanzungsmöglichkeiten der Fische zufolge Vernichtung des Laichmaterials hemmen und Wandlungen in den Ernährungsmöglichkeiten die Qualität der Fische verschlechtern, weil Edelfisch- in Ruchfischbestände

* Eidg. Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz an der ETH, Zürich.

umgestaltet werden. Zu diesen schleichenden Erscheinungen gesellen sich die mehr ins Auge fallenden akuten Fischvergiftungen durch eigentliche Giftstoffe.

In einem weitern Vortrag referierte Dr. *F. Zehender* von der EAWAG über das Kehrichtproblem in der Schweiz. Er zeigte insbesondere die im öffentlichen Interesse liegenden Forderungen einer einwandfreien Kehrichtbeseitigung, namentlich durch Gewährleistung der Gesundheit der Bevölkerung, Schutz der Gewässer vor Schäden, Schutz der Bevölkerung vor Belästigungen und Schutz des Landschaftsbildes auf. Dabei erörterte er die zweckmäßige Beseitigung durch geregelte Ablagerung nach englischem Verfahren, die Kehrichtverbrennung und die Kompostierung, welche auf grundsätzlich verschiedenen Arbeitsprinzipien beruhen, alle aber geeignet sind, das Problem einwandfrei zu lösen. Aus einem Referat von Ing. *Hans Walker*, Bern, erhielten sodann die Kursteilnehmer Einblick in die Kanalisationsreglemente und Gebührenordnung der Stadt Bern mit ihren rechtlichen Grundlagen und den Berechnungsgrundsätzen für die Anschluß- und Benützungsgebühren. Ganz besonderes Interesse fanden die Ausführungen von Ing. *A. Mathey-Doret*, dem Eidg. Fischereiinspektor, über die gesetzlichen Grundlagen des Gewässerschutzes in der Schweiz. Dabei wurde auf die heute noch ungenügende Gesetzgebung verwiesen, weil diese sich nur auf die Fischgewässer bezieht. Nachdem seit dem Referat erst kürzlich die Botschaft des Bundesrates und der Entwurf zu einem Bundesgesetz über den Schutz der Gewässer gegen Verunreinigung veröffentlicht worden sind, dürfte es sich in diesem Zusammenhang erübrigen, die darauf basierenden Hinweise des Referenten zu wiederholen. Dagegen verdient festgehalten zu werden, daß in der Diskussion seitens eines Kantonsvertreters versucht wurde, den Entwurf zum Bundesgesetz zu bemängeln, von kompetenter Seite jedoch eröffnet werden konnte, daß der Entwurf im Einvernehmen mit der Wirtschaft zustande gekommen ist, daß die Stellungnahmen der Kantone weitgehend berücksichtigt wurden und daß namhafte Juristen am Gesetzesentwurf mitgearbeitet haben.

In einem zündenden Schlußreferat beleuchtete schließlich Prof. Dr. *O. Jaag* den Gewässerschutz auf internationaler Grundlage, indem er am Beispiel des Gewässersystems Bodensee-Rhein die Notwendigkeit einer europäischen Zusammenarbeit in den Fragen des Gewässerschutzes aufzeigte. Dabei wurden die Gefahren, die dem Gebiete des Bodensees angesichts der Bedeutung für den Fremdenverkehr und für die Wasserversorgung der umliegenden Siedelungen drohen, sowie die zunehmende Verschmutzung des Rheins bis nach Holland eingehend erörtert und betont, daß die Gewässerverschmutzung weder an Kantons- noch an Landesgrenzen haltmacht.

In der anschließenden Schlußdiskussion fand man aus Voten von Kursteilnehmern aus München und Lindau bestätigt, daß am deutschen Ufer des Bodensees die Probleme des Gewässerschutzes ähnlich gelagert sind wie bei uns in der Schweiz, daß man aber auch dort keine Kosten scheut, um den Gefahren, welche aus der Verschmutzung der Gewässer drohen, zu begegnen.

So durften diejenigen, welche sich für den Gewässerschutz verantwortlich fühlen, nach den zahlreichen, verschieden gelagerten, aber einander zweckmäßig ergänzenden Referaten und Voten mit Genugtuung die Gewißheit nach Hause nehmen, daß der Kurs über Gewässerschutz dazu beigetragen hat, über die wichtigen Fragen weiter aufzuklären und den unumgänglichen rechtlichen und technischen Vorkehrungen für vorbeugende Maßnahmen und zur Besserung der Verhältnisse den Boden zu ebnen, indem dafür Verständnis erweckt und Kenntnisse vermittelt worden sind. Dr. *A. Huber*

Meteorologie, Hydrologie

Niederschlag und Temperatur im Jahr 1953

Mitgeteilt von der Schweizerischen Meteorologischen Zentralanstalt

Station	Höhe ü. M.	Niederschlagsmenge				Zahl der Tage mit		Temperatur	
		Jahresmenge		Maximum		Niederschlag	Schnee	Jahresmittel	Abw.[1]
	m	mm	Abw.[1] mm	mm	Monat			°C	°C
Basel[2]	317	501	—317	26	VII.	109	18	9.6	0.7
La Chaux-de-Fonds	990	965	—508	52	VI.	142	40	7.2	1.2
St. Gallen	679	1039	—290	56	VI.	143	36	7.4	0.6
Zürich	569	892	—213	81	VI.	137	37	8.7	0.8
Luzern	498	1090	—31	39	VII.	137	28	9.4	0.8
Bern	572	730	—247	36	VII.	126	25	8.6	0.6
Genève	405	607	—282	49	IX.	80	7	10.6	0.9
Montreux	412	898	—160	45	VI.	120	14	10.4	0.5
Sitten	549	368	—222	24	II.	93	9	10.2	0.5
Chur	633	615	—216	40	VI.	119	26	8.9	0.8
Engelberg	1018	1268	—262	44	VI.	154	52	5.9	0.6
Davos-Platz	1561	786	—173	44	VI.	132	46	3.4	0.7
Rigi-Staffel	1595	—	—	—	—	—	—	—	—
Säntis[3]	2500	1804	—981	70	VI.	159	110	—0.9	1.5
St. Gotthard	2095	1632	—688	63	X.	164	81	0.8	1.2
Lugano	276	1466	—259	88	VI.	109	5	12.4	1.0

[1] Abweichung von den Mittelwerten 1864—1940.

[2] Neben 1921 (500 mm) in Basel das trockenste Jahr der Beobachtungsreihe seit 1864.

[3] Trockenstes Jahr der Säntisreihe. Wegen Inhomogenitäten jedoch nur bis 1932 zurück vergleichbar.

Binnenschiffahrt

Le Rapport annuel 1952 de la Commission Centrale pour la navigation du Rhin vient de paraître

Le Rapport annuel de la Commission Centrale, publié régulièrement depuis 1835 *, a toujours trouvé un accueil chaleureux auprès des milieux de la navigation et des transports. Consulté également par les économistes et le grand public qui s'intéresse à l'évolution de cette grande voie de transport naturelle qu'est le Rhin, il est considéré, à juste titre, comme étant la seule publication officielle et complète sur l'économie rhénane et il constitue une source de documentation unique et indispensable à toute étude sérieuse sur la navigation rhénane.

Le Rapport annuel 1952 continue non seulement cette tradition en gardant les mêmes 5 grandes divisions en parties administrative, technique, nautique, économique et juridique, relatives à l'activité de la Commission Centrale elle-même et de la navigation rhénane en général, mais encore il apporte une présentation toujours plus rationnelle et, dans sa partie statistique, de nouveaux progrès.

La partie administrative fournit la composition de la Commission Centrale et donne un aperçu récapitulatif sur son activité dans l'année du présent rapport. Les modifications aux règlements communs, ainsi que les lois nationales et les avis des autorités nationales relatifs à la navigation sur le Rhin, y sont publiés.

La partie technique renseigne sur l'état de la voie navigable, les niveaux d'eau journaliers atteints aux principales échelles et les travaux pour l'extension ou l'amélioration des ports.

La partie nautique, outre les patentes de batelier et les certificats de visite délivrés au cours de l'année, présente, en tableaux séparés par pays, l'importance et la composition des flottes nationales et rhénanes des Etats riverains et de la Belgique. Un tableau récapitulatif reproduit le nombre des accidents sur les différents secteurs du Rhin, et les circonstances dans lesquelles ils sont survenus.

Comme pour les années précédentes, la partie économique occupe une place prépondérante dans le Rapport annuel. Le mouvement des marchandises et des bâtiments sur le Rhin, dans les ports, depuis et vers les voies d'eau adjacentes et au passage des frontières, y est reproduit in extenso dans une série de tableaux dans la classification par groupes de marchandises dans les sens amont et aval à l'entrée et à la sortie et par pavillons. Une analyse de ces mouvements par territoires de chargement ou de déchargement et par relations de pays à pays complète cette première étude. Toute aussi intéressante apparaît la comparaison des trafics nationaux avec les trafics internationaux sur le Rhin, la comparaison entre le trafic rhénan, celui de toutes les voies d'eau des pays intéressés et celui des chemins de fer.

Les prestations en tonnes-kilomètres nettes de marchandises et la densité du trafic donnent une idée précise de l'importance des transports sur les différents secteurs. On remarque également pour la première fois une tentative de relever par la statistique non plus seulement le fait du transport en tonnes ou en tonnes-kilomètres, mais le rendement de la flotte sur le Rhin par la recherche des tonnes-kilomètres brutes de capacité déplacée qui, comparées aux tonnes-kilomètres nettes de marchandises, permettent de déterminer le degré d'utilisation de la cale disponible ou en mouvement au cours de l'année. Notons également que de nombreux graphiques ou schémas illustrent tous ces tableaux et facilitent en même temps la lecture et les comparaisons de l'évolution du trafic rhénan. Signalons enfin l'étude des frets pratiqués au cours de l'année pour les transports rhénans par les différentes flottes.

La dernière partie du rapport est consacrée au judiciaire. Elle reproduit l'activité des tribunaux de navigation du Rhin et celle de la Commission Centrale en tant que juridiction de seconde et dernière instance.

Il nous reste à signaler que toutes les annexes qui forment de loin la partie la plus importante de l'ouvrage sont rédigées en français et en allemand, ce qui rend le volume d'autant plus accessible au public toujours plus nombreux. Il est en vente au Secrétariat de la Commission Centrale pour la Navigation du Rhin, Palais du Rhin à Strasbourg, au prix de 1500 francs français.

Souhaitons que les progrès réalisés, ces dernières années surtout, dans cette vaste et intéressante étude sur le grand fleuve international, se poursuivent à un rythme toujours égal. Nous n'aurons qu'à nous en féliciter.

* Sauf les années de guerre 1939—1945.

Mitteilungen aus den Verbänden

Nordostschweizerischer Verband für Schiffahrt Rhein-Bodensee

Die von Nationalrat Dr. *C. Eder*, Weinfelden, präsidierte Zentralausschuß-Sitzung und die 45. Generalversammlung fanden am 17. Oktober 1953, letztere unter großer Beteiligung in Brugg statt. Als neue Mitglieder des Zentralausschusses wurden gewählt: Regierungsrat Dr. *K. Kim*, Aarau; Regierungsrat *C. E. Scherrer*, Schaffhausen; Regierungsrat *H. Reutlinger*, Frauenfeld, Stadtrat *C. Zarotti*, Stein a. Rhein; Stadtrat *H. Wellauer*, Frauenfeld, und Redaktor Dr. *F. Sallenbach*, Romanshorn. Der Vorsitzende schilderte den gegenwärtigen Stand in der Hochrhein-Schiffahrtsfrage und erwähnte auch die im Zusammenhange mit dem Bau des Kraftwerkes Rheinau lancierten Verfassungs-Initiativen. Ohne sich über deren Rechtmäßigkeit zu äußern, gab er der Erwartung Ausdruck, daß das Schweizervolk, wenn es zur Stellungnahme aufgerufen werden sollte, an seinen traditionellen Rechtsauffassungen festhalte und wohlerworbene Rechte anerkennen werde.

Nach der Erledigung der statutarischen Geschäfte ließen sich auch einige Votanten zu den Fragen der *Hochrheinschiffahrt* vernehmen. Regierungsrat Dr. *R. Siegrist*, der die Grüße des Standes Aargau überbrachte, teilte mit, daß die aargauische Regierung zum Ausbau von Basel—Bodensee «absolut positiv» eingestellt sei. Er erinnerte an die im Juli dieses Jahres ge-

gegenüber dem Eidgenössischen Post- und Eisenbahndepartement geäußerte Stellungnahme des aargauischen Regierungsrates. Dieser beurteilt, unter Vorbehalt einer späteren Stellungnahme des Großen Rates, die wirtschaftlichen Aussichten der Hochrheinschiffahrt zuversichtlich und die Realisierung des Projektes als für das aargauische Rheintal besonders nutzbringend. Ferner empfiehlt der Regierungsrat die Durchführung des Werkes als freundeidgenössischen Akt gegenüber der Ostschweiz und bekennt sich zu der These, daß die Schweiz gegenüber Deutschland staatsvertraglich zu einer aktiven Schiffahrtspolitik auf dem Hochrhein verpflichtet sei. Im gleichen Sinne äußerten sich der Bezirksammann von Laufenburg, *J. Stäuble* und der Brugger Stadtammann Dr. *A. Müller*. Sie wiesen auf die Perspektiven hin, die sich Brugg eröffnen würden, wenn es zu seiner ohnehin günstigen Verkehrslage hinzu noch Standort eines Fluß-Schiffahrtshafens werden könnte. Sie gaben ferner der Erwartung Ausdruck, daß die gleiche kühne Entschlußfreudigkeit, die seinerzeit zum Ausbau des Oberrheins Straßburg—Basel geführt habe, bald auch die Befahrung eines weiteren Teilstückes ermögliche. Ein Vertreter eines industriellen Unternehmens schilderte an Hand von Beispielen die frachtenmäßigen Vorteile, die sich für zahlreiche Wirtschaftszweige aus den Schifftransporten gegenüber dem Bahngüterverkehr ergäben.

Um die schweizerischen Rheinschiffahrtsfreunde über die Anstrengungen zu orientieren, die Deutschland auf dem Gebiet des Ausbaus von Wasserstraßen unternimmt, hatte der Verband einen deutschen Fachmann gerufen, der in einem Lichtbildervortrag interessante Einblicke in die gegenwärtigen Arbeiten am süddeutschen Flußverkehrsnetz vermittelte. Der Präsident der Neckar-Aktiengesellschaft in Stuttgart, Ministerialrat a. D. *W. Schnapper*, referierte über *Natur, Technik und wirtschaftliche Bedeutung des Neckargebietes*. Da man in der Schweiz vielfach fürchtet, daß die fortschreitende verkehrs- und energiewirtschaftliche Nutzung der Wasserwege die Naturschönheiten immer mehr beeinträchtige, war er besonders bemüht, zu zeigen, wie man sich in Deutschland anstrengte, das ursprüngliche Landschaftsbild zu bewahren. Nach seiner Auffassung hat beispielsweise Heidelberg, wo ebenfalls eine lebhafte Gegnerschaft gegen die Schiffahrtspläne zu überwinden war, durch die Kanalisierung gewonnen; Heidelberg liege nun «auch im Sommer am Neckar» und habe durch die vermehrte Wasserführung des Neckars neue willkommene Möglichkeiten für den Wassersport erhalten. Beim Bau der Wasserstraße sei man nach dem Grundsatz der «lebenden Verbauung» vorgegangen und habe so wenig wie möglich nackte Betonrandungen an den Ufern angebracht. Auch wurden die natürlichen Krümmungen des Stromes weitestgehend beibehalten und das Neckartal nach Möglichkeit von Hochspannungsleitungen verschont. Durch eine solche Bauweise sei es heute durchaus möglich, die Wasserwege so zu gestalten, daß die Landschaft nicht verunstaltet werde.

Der Abschluß der Tagung galt einem kurzen Besuch des seit kurzem in Betrieb stehenden Aarekraftwerkes Wildegg-Brugg der NOK.

Schweiz. Rhone-Rhein Schiffahrtsverband

Dieser hielt am 28. November 1953 seine Hauptversammlung unter dem Vorsitz von *E. Pingeon*, Genf, in Fribourg ab. Nach Entgegennahme des Präsidialberichtes und Abwicklung der statutarischen Geschäfte, orientierte Ing. *A. Studer*, Präsident der Studienkommission für die Aufstellung eines Ausbauplanes der Gewässer zwischen dem Genfersee und der Aaremündung in den Rhein, über die umfangreichen Studien und die bevorstehende Herausgabe eines mehrbändigen umfassenden Werkes; diese standen unter der Leitung von Obering. *H. Blattner*, Zürich, für die technischen Fragen und von *G. Béguin*, Bern, für die wirtschaftlichen Belange.

Im Anschluß an die Versammlung konnten die Versammlungsteilnehmer mit Freude einem begeisterten und temperamentvollen Exposé über «Le Rhône, agent de liberté», von *Paul Balmer*, Genf, Ehrenpräsident des Verbandes, folgen, worauf als Abschluß Farbenlichtbilder über eine Rhonefahrt von Genf nach Avignon gezeigt und vom Verbandspräsidenten erörtert wurden.

Tö.

Personelles, Geschäftliche Mitteilungen

Ingenieur Max Passet, Thusis, 70jährig

Am 23. März 1954 wurde Ingenieur Max Passet bei bester Gesundheit und in vollem initiativen Schaffen 70jährig. Er besuchte die Kantonsschule in Chur und verließ 1907 die ETH mit dem Diplom als Bauingenieur. Der Bau des Kraftwerkes Arniberg (1908/10), einer der ersten Anlagen mit sehr hohem Gefälle, bot dem jungen Ingenieur die willkommene Gelegenheit, sich im Kraftwerkbau praktisch zu betätigen. Lange Jahre stand Ingenieur Passet in Italien im Dienste der Bauunternehmung J. Sutter, zuletzt als deren Oberingenieur. Bahnbau und Wasserbau waren dort die Hauptaufgaben. Beim Bau des Rheinkraftwerkes Albbruck-Dogern (1929/33) sehen wir ihn als örtlichen Bauleiter wirken. Darauf folgten wieder einige Jahre Bautätigkeit in Italien auf dem Gebiet des Tiefbaues. Von 1937 bis 1941 amtete der erfahrene Ingenieur als technischer Berater für Wasserbauten beim türkischen Ministerium für öffentliche Arbeiten und befaßte sich vor allem mit Bewässerungen und Flußverbauungen. Seit seiner Rückkehr in die Schweiz widmete er sich fast ausschließlich der Wasserkraftnutzung, zuerst im Ingenieurbureau Gruner in Basel, später auf eigene Rechnung.

Sein Heimatkanton Graubünden hat Ing. Passet sehr viel zu danken. Er war es nämlich, der vor etwa zehn Jahren im Val di Lei eine dem Rheinwald ebenbürtige Speichermöglichkeit fand und dem Konsortium Kraftwerke Hinterrhein nachwies; in früheren Studien hatte man in diesem italienischen Tal lediglich ein kleines Speicherbecken vorgesehen. Auch das ungewöhnlich günstige Livignobecken welches das Kernstück aller privaten Projektvarianten für die Nutzung der Engadiner Wasserkräfte bildet, wurde von ihm gefunden. In kritischer Zeit für Graubünden wies er 1946 der K. W.

Sernf-Niederenbach AG den Weg vom Fätschbach an die Rabiusa und leitete deren Ausbau im Werk Rabiusa/Realta. Das Konzessionsprojekt Moesa 1953 mit dem Speicher Curciusa wurde von ihm auf eine Anregung hin entwickelt. Sein neuestes Projekt betrifft die obere Albula. Die Projektideen von Ingenieur Passet zeugen von praktischem Sinn, Phantasie, Maß und Vernunft.

Möge er noch recht lange wirken können und die Verwirklichung möglichst vieler seiner interessanten Ausbauvorschläge erleben. *L.*

Maschinenfabrik Oerlikon, Zürich-Oerlikon
1. Juli 1952 bis 30. Juni 1953

Obschon der Konkurrenzkampf härter geworden ist, blieb die Nachfrage nach Produkten der MFO im Berichtsjahr lebhaft. Besonders auch auf den überseeischen Märkten wurden erfreuliche Umsätze erzielt. Die Werkstätten für Großmaschinen, Großtransformatoren, Großapparate und Dampfturbinen waren gut beschäftigt, teilweise überlastet.

Der Reinertrag wird in der Gewinn- und Verlustrechnung mit Fr. 1 521 836.— (Vorjahr Fr. 1 430 781.—) ausgewiesen, wovon wie im Vorjahr eine Dividende von 5 % und eine zusätzliche Dividende von 1 % ausgerichtet werden konnten. *Sp.*

ELEKTRO-WATT
Elektrische und industrielle Unternehmungen AG, Zürich
1. Juli 1952 bis 30. Juni 1953

Das 58. Geschäftsjahr stand unter dem Zeichen einer weiteren wirtschaftlichen Konsolidierung der westlichen Welt. Die Zunahme des Verbrauchs elektrischer Energie hielt, wenn auch nicht mehr so stark wie im Vorjahr, weiterhin an. Da die Bereitstellung neuer Elektrizitätswerke mit der steigenden Aufnahmefähigkeit des Marktes immer noch nicht Schritt zu halten vermag, wird wohl auf Jahre hinaus ein intensiver Bau neuer Anlagen zur Erzeugung und Verteilung der Elektrizität notwendig sein. Die jährlichen Ausgaben für neue elektrische Anlagen sind in unserem Land zur Zeit vier- bis fünfmal höher als in der intensivsten Bauperiode vor dem Zweiten Weltkrieg; in den nächsten Jahren werden sie den schweizerischen Kapitalmarkt mit über einer Milliarde Franken beanspruchen.

Von den schweizerischen Kraftwerkbauten, an denen die Elektro-Watt beteiligt ist und bei denen sie die Projektierung und Bauleitung inne hat, ist insbesondere die Vollendung des Grenzkraftwerkes Châtelot am Doubs zu erwähnen. Nach dreijähriger Bauzeit konnte bereits anfangs 1953 mit der Füllung des 20 Mio m³ fassenden Staubeckens begonnen werden. Im Februar 1953 wurde die erste und im Juli die zweite Maschinengruppe in Betrieb genommen. Die Anlage wird in einem Jahr mittlerer Wasserführung die Erzeugung von 100 Mio kWh erlauben, wovon 57 Mio kWh Winterenergie.

Die Bauarbeiten an der Kraftwerkgruppe Mauvoisin haben an Umfang weiter zugenommen. Ende Juni 1953 waren insgesamt rund 2200 Arbeiter beschäftigt und die gesamten Baukosten erreichten bis zu diesem Zeitpunkt den Betrag von 108 Mio Franken. Die Arbeiten an der Sperrstelle Mauvoisin und am Kraftwerk Fionnay im Val de Bagnes sowie am Kraftwerk Riddes im Rhonetal schreiten in befriedigender Weise fort.

Die Vorarbeiten für den Bau des Speicherkraftwerkes Göschenen, an denen die Centralschweizerischen Kraftwerke und die Schweizerischen Bundesbahnen interessiert sind, wurden intensiv gefördert. Sowohl die Sondierbohrungen wie auch die erdbaumechanischen Untersuchungen für den geplanten Staudamm auf der Göscheneralp führten zu günstigen Ergebnissen. Die 10 km lange Zufahrtsstraße auf die Göscheneralp steht im Bau.

Die technische Abteilung der Elektro-Watt bearbeitet ferner verschiedene Projekte und Studien für befreundete Gesellschaften und Konsortien.

In Frankreich wird sich das neue Doppelbesteuerungsabkommen mit der Schweiz nach Inkraftsetzen insofern günstig auswirken, als die in Frankreich auf Dividenden und Zinsen erhobene Quellensteuer von maximal 18 % inskünftig wegfallen wird. In Italien hat die durch das Gesetz vom 29. März 1947 / 9. Mai 1950 dekretierte außerordentliche Vermögensabgabe einen ungünstigen Einfluß, weil dadurch besonders die Italienschweizer und in der Schweiz domizilierte natürliche und juristische Personen betroffen werden sollen. In Deutschland hat durch die Vermehrung des Außenhandels um 13 % die Währung der Bundesrepublik eine bemerkenswerte Besserung erfahren. Die österreichische Zahlungsbilanz hat sich wesentlich verbessert, so daß mit einer Wiederaufnahme in Bälde gerechnet werden kann. In Kanada, dem Land, dem fast einmütig eine große wirtschaftliche Zukunft prophezeit wird, sind die Preise für die Übernahme von Beteiligungen, wegen des allgemeinen Interesses, sehr hoch. Zudem sind die Geschäftsmöglichkeiten gerade im Gebiete der Public Utilities gering, weil ein bedeutender Teil der Elektrizitätswerke sich im öffentlichen Eigentum befindet.

Die Gewinn- und Verlustrechnung der Gesellschaft weist einen Reingewinn von Fr. 5 719 671.— (Vorjahr Fr. 5 028 615.—) aus. Die Dividende beträgt 8 % (Vorjahr 7 %). *Sp.*

Aargauisches Elektrizitätswerk, Aarau
1. Oktober 1952 bis 30. September 1953

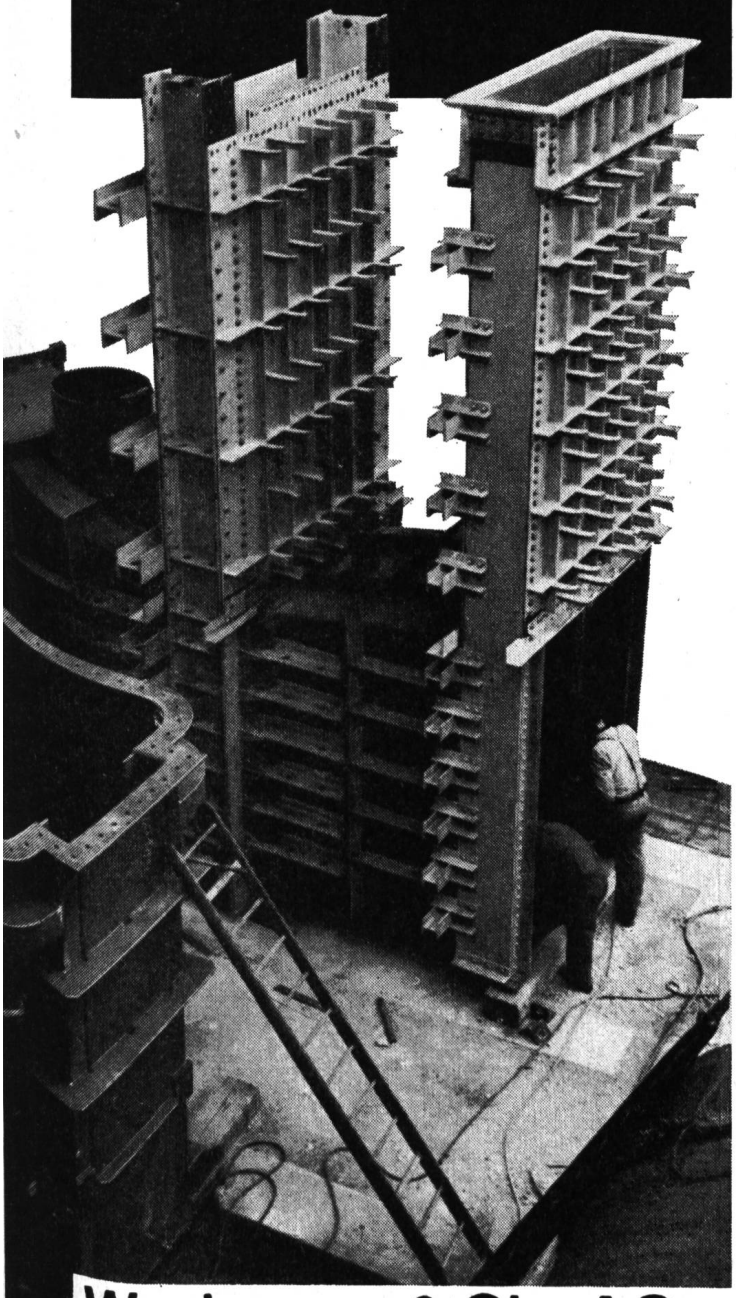
Der Gesamtenergieumsatz des AEW verzeichnete im Berichtsjahr eine Zunahme von 8 %, während die gesamtschweizerische Inlandabgabe nur noch um 3,1 % gestiegen ist; inklusive Energieanteil am Kraftwerk Albbruck-Dogern erreichte der Gesamtumsatz 599,9 Mio kWh (Vorjahr 556,0).

Die Gewinn- und Verlustrechnung weist einen Betriebsüberschuß von Fr. 1 527 258.— (im Vorjahr Fr. 1 787 985.—) aus. Davon wurden, wie im letzten Geschäftsjahr, Fr. 600 000.— an den Kanton abgeliefert, während der Rest für Abschreibungen und als Saldovortrag verwendet wurde. *Sp.*

Nordostschweizerische Kraftwerke AG, Baden
1. Oktober 1952 bis 30. September 1953

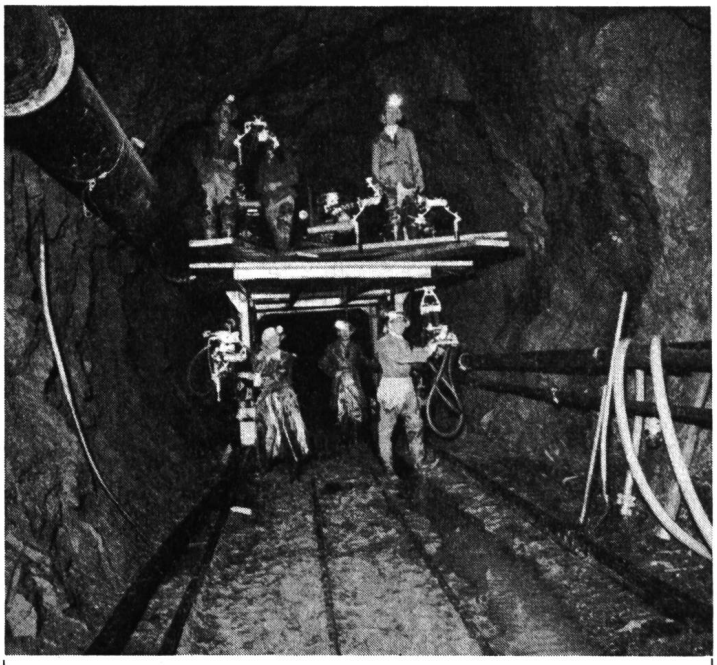
Die Niederschlags- und Abflußverhältnisse waren im Berichtsjahr außerordentlich günstig. Der durchschnittliche Rheinabfluß betrug für das gesamte hydrologische Jahr 114 % des langjährigen Mittels. Die Zuflüsse zu den Stauseen im Klöntal und im Wägital sowie zum Sihlsee erreichten 123 % der Normalmenge.

Blechpanzerungen für Kraftwerkbauten



Wartmann & Cie. AG.

Stahlbau / Kesselschmiede Brugg



Grande Dixence S. A. Vortrieb Louvie Fionnay

Ed. Züblin

& Cie. AG

Hoch- und Tiefbau

Zürich Basel

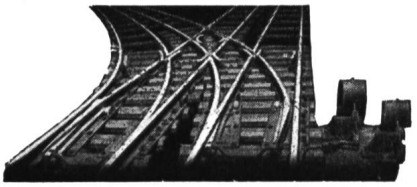
Moderner Stollenbau

Wasserbau
Pfählungen
Silos
Brückenbau
Industriebau
Staumauern

Aus unserem Verkaufsprogramm:

Wir liefern Weichen in allen Profilhöhen und Ausführungen; außerdem Rollbahngeleise in den verschiedenen Dimensionen, mit Dach- oder Rillenschwellen, Verbindungslaschen und sämtlichem Kleinmaterial.

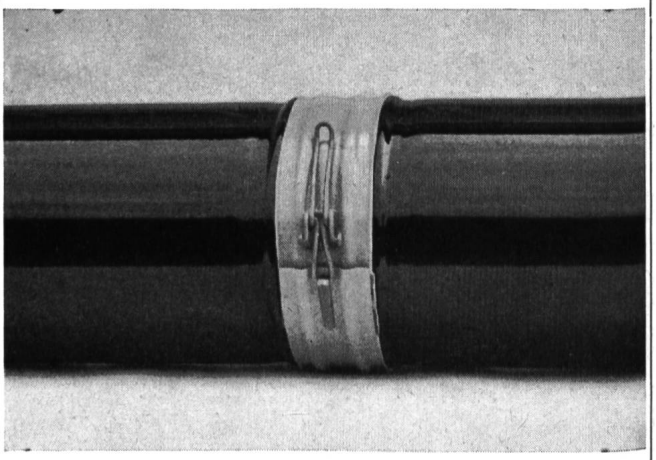
Verlangen Sie unsere ausführlichen Offerten. Unsere günstigen Bedingungen interessieren Sie bestimmt.



Fabrikation
Stahlschweißwerk Wartmann AG
Oberbipp

Toussaint-Heintzmann

Stollenausbaubögen
kurzfristig lieferbar



Ventilationsrohre

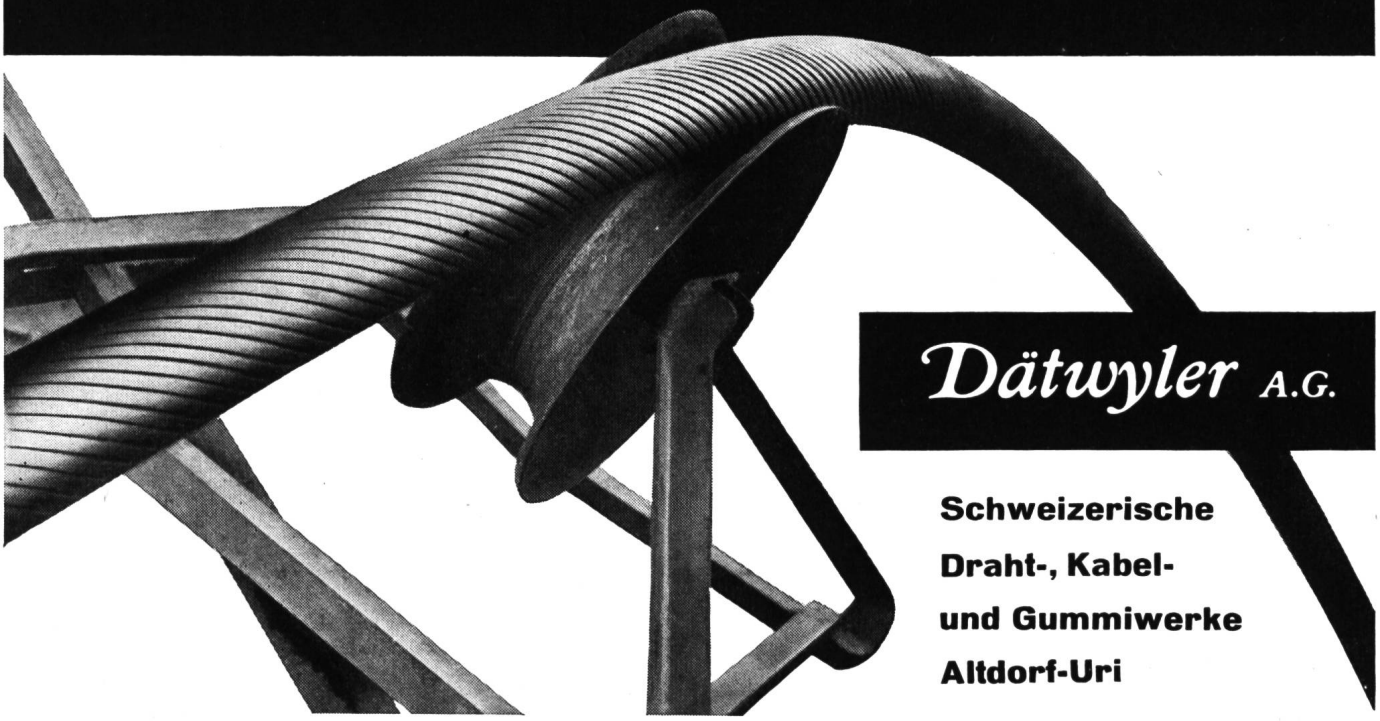
mit Bandhebelverschluß

BAUMASCHINEN-VERKAUFS AG
Montreux-Territet

Tel. 021 / 6 50 61

Polyäthylen-
Hochspannungskabel

Altdorf



Dätwyler A.G.

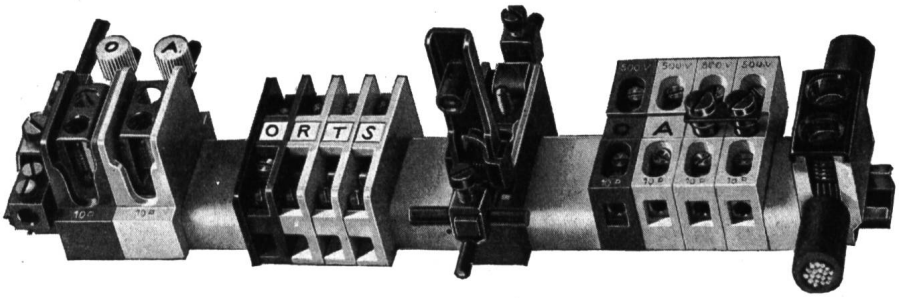
Schweizerische
Draht-, Kabel-
und Gummiwerke
Altdorf-Uri

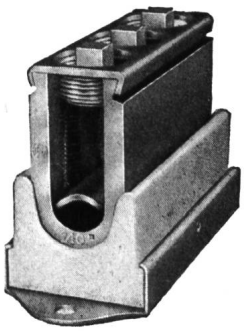
SWISSBORING

SCHWEIZERISCHE TIEFBOHR- UND BODENFORSCHUNGS-AG

Limmatquai 18 **ZÜRICH** Tel. (051) 32 83 76

Ausführung von Sondierbohrungen
für die Staumauern von Zervreila und Lampertschalp

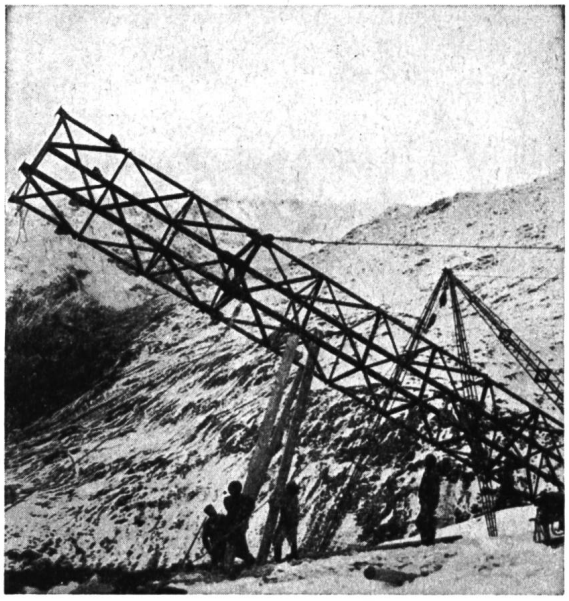




Von Steuerdrahtklemmen bis zu den kräftig konstruierten Abzweigklemmen für 240-qmm-Leiter das
Woertz-Abzweigsystem

Nr. 2812

OSKAR WOERTZ *Basel*
TEL. (061) 34 55 50



Eisenkonstruktionen und Blecharbeiten aller Art, Brücken, Masten, Dachkonstruktionen, Eisen-Fenster usw.

PAUL WEBER, EISENBAU

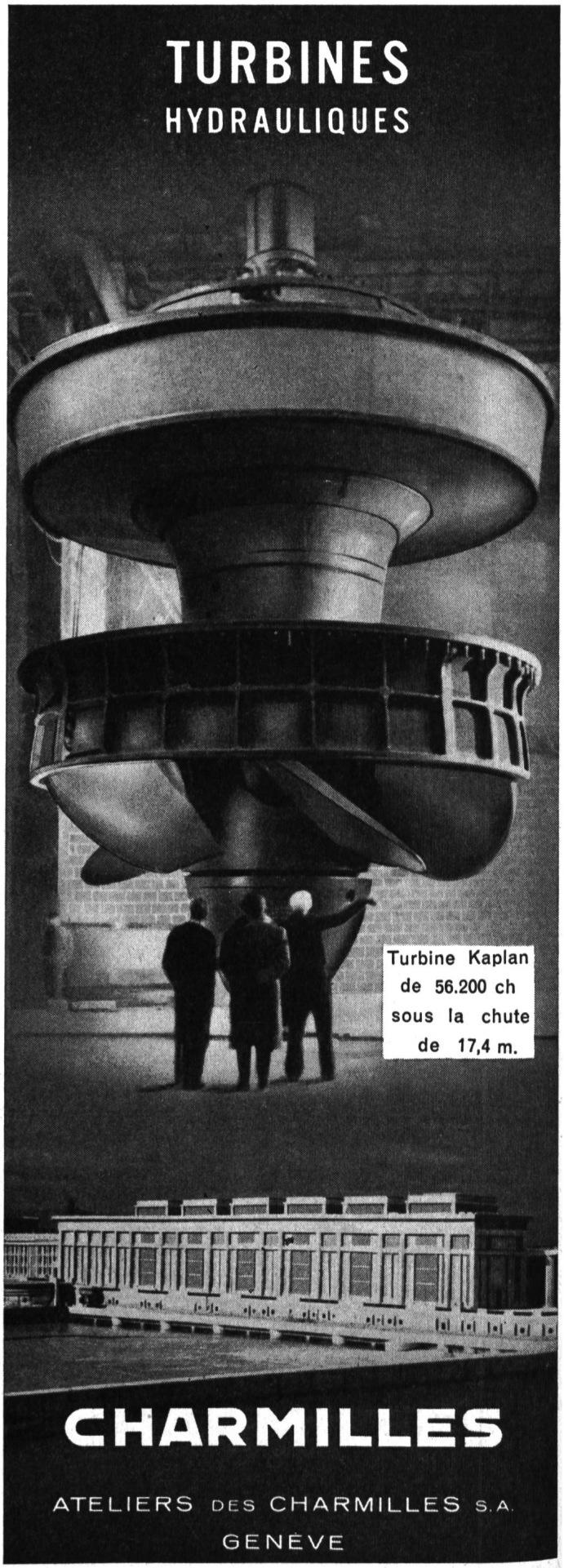
Seewen-Schwyz
Telefon (043) 3 10 70

SCHMIERSTOFFE

sichern im Kraftwerkbau die so wichtige Schmierung der Baumaschinen u. Fahrzeuge.

Unsere Devise: Für jede Ihrer Schmierstellen das zuverlässige und sparsame **ASEOL**-Schmiermittel.

ADOLF SCHMIDS ERBEN AG. S.A. BERN Telephon 031 2 78 44



Zum ersten Male hat die Energieabgabe der NOK ab Sammelschiene die Zweimilliardengrenze überschritten. Sie stieg gegenüber dem Vorjahre um 7,2 % auf 2107,2 Mio kWh. Damit stehen die Nordostschweizerischen Kraftwerke AG an der Spitze aller Elektrizitätswerke der Allgemeinversorgung.

Von der gesamten Energiemenge wurden erzeugt

im Kraftwerk Beznau	147 355 700 kWh	(150 979 300)
im Kraftwerk Löntsch	113 683 800 kWh	(92 000 300)
im Kraftwerk Eglisau	246 825 200 kWk	(240 696 300)
im Kraftwerk Fätschbach	76 123 000 kWh	(73 868 000)
im Kraftwerk Wildegg-Brugg	201 434 900 kWh	(—)
in den therm. Kraftwerken Beznau, Weinfelden, Winterthur	17 219 000 kWh	(76 048 300)
Total in den eigenen Werken	802 641 600 kWh	(633 592 200)
in Werken von Gesellschaften, an denen die NOK beteiligt sind: AG Kraftwerk Wäggital, AG Bündner Kraftwerke, Kraftwerk Ryburg-Schwörstadt AG, Etzelwerk AG, Kraftw. Rupperswil-Auenstein AG, Maggia Kraftwerke AG und in dritten Werken	1 304 521 400 kWh	(1 331 870 600)
Total ab Sammelschiene	2 107 163 000 kWh	(1 965 462 800)

Die nutzbare Energieabgabe, nach Abzug der Verluste und des Eigenverbrauchs betrug 1 965,6 Mio kWh (Vorjahr 1 829,6). Der Anteil des Normalkonsums erreichte 1 669,5 Mio kWh (Vorjahr 1 573,4). Dank der günstigen hydrologischen Verhältnisse konnten die Elektrokessel mit 122,8 Mio kWh (Vorjahr 81,8) beliefert werden. Der Erxport ist gegenüber dem Vorjahr von 73,9 Mio kWh auf 63,3 Mio kWh zurückgegangen. Er beschränkte sich auf den Austausch von Sommer- gegen Winterenergie und kurze Aushilflieferungen.

Das Kraftwerk Wildegg-Brugg konnte am 11. Dezember 1952 mit der ersten und am 31. Mai 1953 mit der zweiten Maschinengruppe den Betrieb aufnehmen. Die offizielle Einweihung fand am 7. Oktober 1953 statt. In der Zentrale Verbano der Maggia Kraftwerke AG, an denen die NOK beteiligt sind, konnte am 23. März 1953 mit der Energielieferung an die Partner begonnen werden. Im Berichtsjahr konnte die neue 225/150-kV-Leitung Mettlen / Affoltern am Albis / Wildegg-Brugg / Beznau auf der ganzen Strecke in Betrieb genommen werden. Ferner kamen die 50-kV-Leitungen von Eglisau nach Bülach sowie von Marthalen und Lottstetten nach Rheinau in Betrieb.

Die Einnahmen aus der Energieabgabe betrugen 57,3 Mio Fr. (Vorjahr 55,0). Der mittlere Erlös für die Kilowattstunde des Bruttoumsatzes ist infolge vermehrter Belieferung der Elektrokessel von 2,80 auf 2,72 Rp. zurückgegangen. Der Reingewinn erreichte laut Gewinn- und Verlustrechnung den Betrag von 3 158 607 Fr. (Vorjahr 2 782 102 Fr.). Davon wurde wie im letzten Geschäftsjahr eine Dividende von 5 % ausgerichtet.

Sp.

AG Kraftwerke Wäggital, Siebnen

1. Oktober 1952 bis 30. September 1953

Durch die sehr ergiebigen Niederschläge im Geschäftsjahr 1952/53 stieg die Energieproduktion auf 155,2 Mio kWh (Vorjahr 115,1). Die durchschnittliche Jahresproduktion in den 27 Betriebsjahren beträgt 122,4 Mio kWh, so daß der diesjährige Energieanfall 126,7 % dieses Durchschnittes ausmacht. Die Energie wurde ausschließlich durch die beiden Partner NOK und EWZ bezogen.

Die maximale Stauhöhe des Innertalersees von 901,00 m wurde am 3. November und am 2. Dezember 1952 erreicht. Die Speicherpumpen förderten insgesamt 30,5 Mio m³ Wasser vom Ausgleichbecken Rempen nach Innertal. Die dazu notwendige Energie von 28,5 Mio kWh wurde durch die NOK und das EWZ geliefert.

Der Reingewinn beträgt Fr. 1 265 000.— (Vorjahr Fr. 1 264 000.—), die Dividende gleichbleibend 4 %. *Sp.*

Kraftwerk Ryburg-Schwörstadt, Rheinfelden

1. Oktober 1952 bis 30. September 1953

Im Berichtsjahr lag die mittlere Jahresabflußmenge des Rheins bei Rheinfelden mit 1168 m³/s rund 14 % über dem langjährigen Durchschnitt. Das Hochwasser vom 27. Juni 1953 brachte mit 3650 m³/s die größte Abflußspitze seit dem Bestehen des Kraftwerkes. Die technisch mögliche Jahresarbeit stieg gegenüber dem Vorjahr um rund 4 % und erreichte 762,7 Mio kWh, wovon 99,7 % ausgenutzt werden konnten. Die nutzbar abgegebene Energiemenge betrug 760,1 Mio kWh (Vorjahr 730,7).

Vom Reinertrag von Fr. 1 926 315.— (entsprechend dem Vorjahr) wurde wie im letzten Geschäftsjahr eine Dividende von 6 % ausgerichtet. *Sp.*

Etzelwerk AG, Einsiedeln

1. Oktober 1952 bis 30. September 1953

Die Zuflüsse zum Sihlsee erreichten im Berichtsjahr 123 % der langjährigen Mittelwerte. Von den insgesamt erzeugten 274,8 Mio kWh (Vorjahr 218,9) wurde der größte Teil durch die beiden Aktionäre (SBB und NOK) übernommen. Der Pumpenbetrieb beanspruchte von diesen beiden 27,1 Mio kWh.

Der in der Gewinn- und Verlustrechnung ausgewiesene Aktivsaldo von Fr. 947 368.— (wie im Vorjahr) gestattete die Ausschüttung einer gleichbleibenden Dividende von 4½ %. *Sp.*

Kraftwerk Rupperswil-Auenstein AG, Aarau

1. Oktober 1952 bis 30. September 1953

Die Wasserführung der Aare in Brugg lag im Berichtsjahr mit einem Mittel von 359 m³/s um 15 % über dem langjährigen Durchschnitt. Die Energieerzeugung betrug mit 242,6 Mio kWh (Vorjahr 250,6) 99,5 % der technisch möglichen Produktion.

Im April 1953 wurden die beiden Einphasentransformatoren der SBB durch zwei neue von je 18 400 kVA, 11/66 kV, 16⅔ Hz ersetzt.

Der Reingewinn beträgt wie im Vorjahr Fr. 505 263.—. Davon wurde eine gleichbleibende Dividende von 4 % ausbezahlt. *Sp.*

Elektrizitätswerk Rheinau AG

1. Oktober 1952 bis 30. September 1953

Dem Bericht über das zweite Geschäftsjahr der Elektrizitätswerk Rheinau AG sind verschiedene interessante Einzelheiten zu entnehmen. Der Erwerb des für den Kraftwerkbau benötigten Landes ist nahezu abgeschlossen, ohne daß bisher ein Enteignungsverfahren durchgeführt werden mußte. Am 30. September 1953

waren kostenmäßig rund 60 % der baulichen und elektro-mechanischen Anlagen vergeben. Entsprechend dem Anteil der beiden beteiligten Länder an der Rohwasserkraft sind die Aufträge zu 59 % auf die Schweiz und zu 41 % auf Deutschland verteilt. Ende September 1953 hatten die Bauarbeiten folgenden, dem Bauprogramm entsprechenden Stand erreicht: Bauinstallationen und Stromversorgung waren in Betrieb. In einem der beiden Unterwasserstollen waren die beiden Vortriebsstollen durchgeschlagen und der Profilausbruch für Widerlager und Stollengewölbe begonnen. Beim Stauwehr wurden die Spundwände für die Baugrubenumschließung der ersten Etappe eingerammt. Sie umfassen das linke Widerlager und die erste Wehröffnung mit dem Pfeiler. Auf der Oberwasserseite des Wehrs wurde die Dienstbrücke für die Baukrane und die Materialtransporte erstellt. In der Baugrube des Maschinenhauses war ungefähr die Hälfte der Kies- und Moräneüberdeckung des Molassefelsens abgetragen und der Felsaushub hatte begonnen. Ende September waren auf den Baustellen 328 Arbeiter und Angestellte beschäftigt.

Für den Bau waren bis 30. September 1953 folgende Aufwendungen gemacht worden: Gebühren, Entschädigungen, Vorarbeiten, Erwerb von Grund und Rechten rund 2,5 Mio Fr., bauliche Anlagen rund 4,4 Mio Fr., Unkosten rund 1,9 Mio Fr., Anzahlungen auf Maschinen rund 3,1 Mio Fr. Total waren also damals etwa 11,9 Mio Fr. ausgegeben worden. Die eingegangenen Verpflichtungen an Bau- und Lieferverträgen machten am 30. September aber rund 40 Mio Fr. aus. Vom 30. September 1953 bis Ende Februar haben sich die eingegangenen Verpflichtungen durch zusätzliche Vergebungen weiter erhöht, denn Ende 1953 waren rund 75 Prozent sämtlicher Arbeiten gemäß Kostenvoranschlag vergeben. Die geleisteten Zahlungen erreichten Ende 1953 rund 13,6 Mio Fr.

Die Bilanzsumme der Elektrizitätswerk Rheinau AG betrug am 30. September 1953 rund 28,5 Mio Fr. Eine Gewinn- und Verlustrechnung wird erst nach Inbetriebnahme des Werks aufgestellt werden können.

Verschiedenes, Literatur

Jubiläumsspende ETH 1955

Im Herbst 1955 wird die Eidg. Technische Hochschule ihr hundertjähriges Bestehen feiern. Im Hinblick auf dieses Jubiläum hat sich ganz allgemein die begründete Auffassung verbreitet, das Centenarium solle nicht nur zu einer Feier Anlaß bieten, sondern auch zu einer handgreiflichen Tat der Würdigung und Anerkennung der Leistungen der Hochschule für die wirtschaftliche und kulturelle Entwicklung der Schweiz. Demgemäß haben Vertreter der schweizerischen Wirtschaft es unternommen, bei allen Kreisen, welche mit der ETH in Verbindung stehen oder aus ihrer Lehr- und Forschungstätigkeit Nutzen ziehen oder hieran sonst Interesse nehmen, eine *Jubiläumssammlung* durchzuführen. Es soll der ETH auf ihr Centenarium hin eine Jubiläumsspende überreicht werden, die der Förderung der technisch-wissenschaftlichen Forschung und des Unterrichts an der Hochschule sowie ihrer apparativen Ausrüstung und ihren sozialen Werken dienen soll. Es handelt sich durchwegs um dringliche Aufgaben, für welche die ordentlichen Mittel der ETH nicht ausreichen.

Zur Durchführung der Sammlung ist ein Aufruf gedruckt worden, der vor allem über die Zwecke der Jubiläumsspende ETH 1955 detaillierten Aufschluß gibt. Der Versand dieses Sammlungsaufrufes an alle in Frage kommenden Firmen und Persönlichkeiten der Schweiz ist bereits im Gange.

Im Hinblick auf die hohen Leistungen der ETH auf dem Gebiete des Unterrichts und der Forschung während des ersten Jahrhunderts ihres Bestehens ist mit der Jubiläumssammlung die Erwartung verknüpft worden, diese werde die zusätzlichen Mittel beschaffen, die für die verschiedenen wichtigen Aufgaben, die der Hochschule durch die neueste Entwicklung der Technik, der Wirtschaft und des wissenschaftlichen Lebens aufgedrängt werden, ausreichen können. — In Anerkennung der nationalen Bedeutung der ETH und der großen Ziele, welche die Initianten der Jubiläumsversammlung anstreben, ist sehr zu hoffen, der Sammlungsaufruf werde in weitesten Kreisen der Schweiz eine günstige Aufnahme finden.

Zuwendungen an die Jubiläumssammlung werden laufend auf dem *Konto Jubiläumsspende ETH 1955* bei der Schweiz. Bankgesellschaft in Zürich, dem Schweiz. Bankverein in Basel und der Schweiz. Kreditanstalt in Zürich entgegengenommen.

Entwicklung der schweizerischen Wasserkraftwerke

Im Selbstverlag hat der Luzerner Heraldiker *H. Lengweiler* eine Stammtafel der schweizerischen Wasserkraftwerke herausgegeben. Auf sehr übersichtliche Weise sind in die Gestalt eines Wasserfalles die Wasserkraftwerke nach den Jahren ihrer Entstehung von 1830 bis 1955, in der Form von Schildern dargestellt. Darin sind die Namen der Werke und der Besitzer, die Zahl der bei der Inbetriebnahme ausgebauten PS und die heutige Leistung in kW sowie die Nummer der alphabetischen Reihenfolge enthalten. Der Schildrand weist auf fünf Kräftegruppen hin, während entsprechende Farben im Schildhaupt den Kanton andeuten, in welchem das Kraftwerk liegt. Die Umbauten sind ebenfalls dargestellt. Im linksseitigen Rand sind zeitlich fortschreitend die Totalleistungen in PS und im rechtsseitigen diejenigen in kW angegeben. Das Abschlußband enthält 16 schematische Darstellungen von Unternehmungen mit mindestens sechs eigenen Werken oder Beteiligungen. Die Angaben entstammen dem «Führer durch die schweizerische Wasser- und Elektrizitätswirtschaft», der 1949 durch den Schweizerischen Wasserwirtschaftsverband herausgegeben worden ist.

Der Rand der 85 × 120 cm großen Tafel ist mit verschiedenen zeichnerischen Darstellungen dekorativ gestaltet. Sie eignet sich insbesonders zum Aufhängen in Sitzungs-, Wart- oder Vorzimmern, wo sie auch dem Laien einen Überblick über die Entwicklung der schweizerischen Wasserkraftwerke bietet. Die Tafel kann auf Spezialbüttenpapier zum Preise von Fr. 40.— und gefalzt in Kartonhülle zum Preise von Fr. 30.—, beim Hersteller, Hans Lengweiler, Kreuzbuchstraße 49, Luzern, bezogen werden. *Sp.*