

Aktiver Lawinendruck und dessen rechnerische Nachprüfung durch Messungen

Autor(en): **Spindler, Alf de**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **75 (1957)**

Heft 42

PDF erstellt am: **23.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-63438>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

- [6] Keller R.: Die Beherrschung der stabilen Drehzahlregelung bei frequenzunabhängiger Last, «Brown Boveri Mitteilungen» 1947.
- [7] Evangelisti G.: Pozzi piezometrici e stabilità della regolazione, «L'Energia Elettrica» 1950, Nr. 5 und 6.
- [8] Cuénod M. et Gardel A.: Stabilisation des oscillations du plan d'eau dans la chambre d'équilibre, «Bulletin technique de la Suisse Romande» 1950, Nr. 16. — Nouveau procédé pour la stabilisation de la marche de centrales hydro-électriques avec chambre d'équilibre, «La Houille Blanche» 1954, Nr. 3. — Gaden D. et Borel L.: Influence de la loi de variation de la puissance sur la condition de stabilité de Thoma, «Bulletin technique de la Suisse Romande» 1951, Nr. 9.
- [9] Stein T.: L'optimum nella regolazione delle turbine idrauliche, «L'Energia Elettrica» 1951, Nr. 4. — Die optimale Regelung von Wasserturbinen SBZ 1952, Nr. 20, «Regelungstechnik» 1953, Heft 7.
- [10] Oppelt W.: Kleines Handbuch technischer Regelvorgänge, Verlag Chemie, Weinheim/Bergstrasse 1954, S. 138.
- [11] Gerecke E.: Drei Beispiele aus der Elektroservotechnik, «Zeitschrift für angewandte Mathematik und Physik» 1954, Nr. 6.
- [12] Stein T.: Wasserturbinenregler mit identischer Integral- und Differential-Wirkung, SBZ 1954, Nr. 11 und 12.
- [13] Paynter H. M.: The Analog in Governor Design, «Palimpsest on the Electronic Analog Art», G. A. Philbrick Researches Inc. Boston, Massachusetts 1955, S. 228.
- [14] Boll G. und Fleischer W.: Modellversuche zur Frequenz-Leistungsregelung im westdeutschen Verbundnetz, «C. I. G. R. E.» 1956, Nr. 316.
- [15] Profos P. und Oertli H.: Nomenklatur der Regelungstechnik, «Bulletin des SEV» 1956, Nr. 8, S. 329, 372.
- [16] Stein T.: Physikalische Erklärung der Regelvorgänge, SBZ 1956, Nr. 40.
- [17] Obradovic I. und Mesarovic M.: Optimale Einstellung des Reglers nach dem statistischen Kriterium. «Berichtswerk der Internationalen Tagung Regelungstechnik», Heidelberg 1956.
- [18] Gaden D.: Essai d'un procédé pour caractériser la clientèle d'un réseau selon la variabilité de la consommation, «Bulletin des SEV» 1955.
- [19] Cuénod M.: Etude de la réponse d'un système linéaire au moyen de l'analyse impulsionnelle, «Revue générale de l'électricité» 1956.

Aktiver Lawinendruck und dessen rechnerische Nachprüfung durch Messungen

Von Dipl. Ing. Alf de Spindler, Wettingen

DK 624.182

A. Einleitung

In den Jahren 1948/49 wurde im Auftrag der Aare-Tessin AG., Olten, von der Motor-Columbus AG., Baden, die bis heute grösste Alpenleitung von Lavorgo über den Ganna Rossa und den Lukmanierpass ins Tavetsch und über die Mittelplatten nach Amsteg gebaut. Bei der Trassierung dieser Alpenleitung im Val Milà, das den Übergang vom Vorderrhein ins Etliztal und nach Amsteg bildet, musste auf Lawinenzüge besondere Rücksicht genommen werden. Hier stellte sich die Frage einer Umgehung dieses lawinengefährdeten Tales über die östlich davon gelegene Alpe Caschle mit den damit verbundenen Nachteilen für den Linienunterhalt an einer hoch und abseits gelegenen Leitung oder die zeitweise mögliche Lawinengefährdung einzelner Masten einer im Tal gelegenen Leitung. Man entschloss sich zur zweiten Lösung.

Bisher hat sich die gewählte Leitungsführung insofern bewährt, als an den gefährdeten Masten dieses Abschnittes nur unbedeutende Schäden infolge Lawinendurchgängen aufgetreten sind, die den Betrieb der Leitung nicht gestört haben. Dass einige dieser Maste von den nachweisbar durch sie hindurchgegangenen Lawinen nicht umgelegt wurden, ist teils ihrer hohen Biegefestigkeit, teils der aerodynamisch sehr günstigen Rohrform ihrer Einzelglieder zu verdanken, welche einer Luft- oder Schneeströmung geringen Widerstand entgegensetzen. Nachdem noch sehr wenig über den von niedergehenden Lawinen ausgeübten Luft- oder Schneedruck bekannt ist¹⁾, lag es nahe, zu versuchen, an Hand der beschädigten Objekte diese Kräfte wenigstens grössenordnungsmässig nachzurechnen. Eine Anzahl sekundärer Mastschäden im Val Milà eigneten sich hierfür besonders gut, da abgescherte Bolzen die genaue Feststellung einiger der aufgetretenen Kräfte erlaubten.

B. Untersuchung eines Einzelschadens

Anlässlich einer örtlichen Besichtigung der Lawinenschäden an den Masten im Val Milà konnte am meistbeschädigten Mast 317 folgendes festgestellt werden:

Eine Lawine muss sich von den Hängen des Mutsch, südlich des Punktes 2791 (Bilder 1 und 3) gelöst haben und über die nordwestlichen Talhänge hinunter bis gegen Mast 317 vorgestossen sein, um diesen dann in diagonalen Richtung zu durchfahren. Im untersten Mastabschnitt weisen alle Diagonalstäbe, ein Teil der Ausfachungsstäbe, und, wenn auch in geringerem Ausmass, die Pfosten Durchbiegungen in Richtung des Lawinendurchganges auf. Interessant ist ferner, dass die Zerstörung am Mast sich nur in dessen unterstem Abschnitt auswirkte, also bis zu einer Höhe von 10,4 m über Bodenpfahl. Daraus darf einerseits gefolgert werden, dass es sich nicht um eine reine Staublawine gehandelt haben kann,

auf jeden Fall nicht im Augenblick des Durchganges durch den Mast. Andererseits zeigt die Art des Abrisses, dass nur eine obere Schneeschicht abgerutscht ist und dass es somit eine Oberlawine aus leichtem, pulverigem Schnee gewesen sein muss, die sich mit grosser Geschwindigkeit dem Mast genähert und diesen in einer Mächtigkeit von maximal 10 m als Fließlawine durchdrungen hat, wobei sehr bedeutende Druckkräfte auf einzelne Stäbe ausgeübt wurden.

Folgende Zerstörungen konnten u. a. als direkte Wirkung dieses Lawinendurchganges festgestellt werden. Am Mastfuss «A» war die mit zwei Schrauben von $\frac{7}{8}$ " am Pfosten befestigte Diagonale b abgerissen, wobei die beiden doppel-schnittig beanspruchten Schrauben abgeschert wurden (Bilder 4 und 5). Abgerissen wurden auch die mit je einer doppel-schnittigen Schraube von $\frac{3}{4}$ " befestigten Füllstäbe f und c, indem ebenfalls die Schrauben abgeschert wurden. Da die beim Abscheren auftretenden Kräfte bestimmt werden können, sollen nachfolgend auf Grund dieser bekannten Kräfte die Schneedrücke auf die Diagonalen b und auf die ebenfalls durchgebogene und mit dieser durch Stab e verbundene Diagonale a rückschliessend berechnet werden. Zu diesem Zweck müssen Annahmen getroffen werden, die in Wirklichkeit nur angenähert zutreffen; den Berechnungsergebnissen kommt daher nur Näherungswert zu. Diese Annahmen sind:

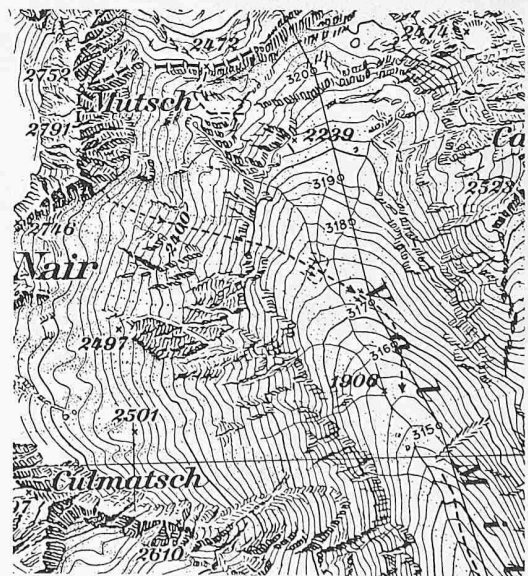


Bild 1. Oberer Teil des Val Milà mit Trasse der Lukmanierleitung, Masstab 1:30 000. Reproduziert mit Bewilligung der Eidg. Landestopographie vom 10. 10. 57

¹⁾ Vgl. den Aufsatz von Dr. J. Killer in SBZ 1957, Nr. 36, sowie von Dr. A. Voellmy in SBZ 1955, Nr. 12, 15, 17, 19.

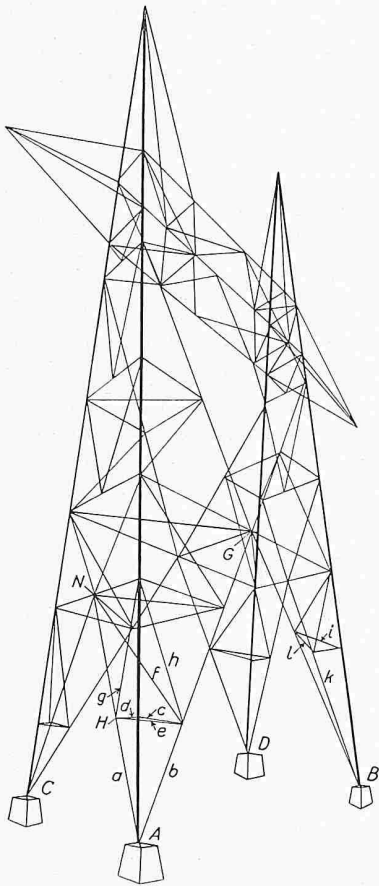


Bild 2. Mast 317 mit Bezeichnung der Stützpunkte und Stäbe

a) Der vorläufig noch unbekannt Druck q (t/lm) verteilt sich gleichmässig auf die ganze Länge der Diagonalen b und a .

b) Von äusseren Kräften wirkt auf die Diagonale a nur der gleichmässig verteilte Lawindruck. Auf die Diagonale b wirkt ausser diesem die durch Füllstab e übertragene Auflagerkraft H der Diagonale a und die durch die Fülldiagonale f übertragene Zugkraft Z_2 .

c) Der über dem untersten Mastabschnitt (10,4 m über Pfahl) befindliche Mastteil wird als starr und unverrückbar betrachtet. Es wird angenommen, dass die überaus starke, aber nur ganz kurzzeitig wirkende Druckbeanspruchung auf die Diagonalen der grossen, darüber stehenden Mastmasse keine Zeit lässt, einer Verschiebung, verursacht durch

die darunter entstandene Beanspruchung, zu folgen.
 d) Die Diagonalen b und a samt den mit diesen verbundenen Füllstäben sollen als frei gelenkig an Pfosten und Querriegel angeschlossen betrachtet werden.
 e) Ein aerodynamischer Koeffizient entsprechend der Form der Stäbe wird nicht eingeführt, da die Unsicherheit der gemachten Annahmen grösser ist als der Einfluss dieses Koeffizienten.



Bild 3. Mast 317 mit Mutsch im Hintergrund

C. Durchführung der Berechnung

I. Beanspruchung der Diagonale a , Bild 6

Rohrprofil $\varnothing 152,5/3,3$; $F_e = 15,47 \text{ cm}^2$; $J_e = 430,6 \text{ cm}^4$

Das Auflagermoment im Punkte H infolge der Streckenlast q_1 beträgt:

$$M_H = \frac{q_1 (l_1^3 + l_2^3)}{8 (l_1 + l_2)} = 2,09 q_1 \text{ in tm}$$

Die Auflagerkraft im Punkte H ist:

$$H = \frac{q_1 (l_1 + l_2)}{2} - \frac{M_H}{l_1} - \frac{M_H}{l_2} = 3,01 q_1 \text{ in t}$$

Die Auflagerkraft H wird durch den Stab e auf die Diagonale b übertragen.

II. Beanspruchung der Diagonale b

Rohrprofil $\varnothing 159/4$; $F_e = 19,45 \text{ cm}^2$; $J_e = 584 \text{ cm}^4$

a) Bestimmung der angreifenden äusseren Kräfte, Bild 7. Die Kraft, die zum zweiseitigen Abscheren der Schrauben von $\frac{3}{4}$ " der Diagonale f notwendig war, beträgt bei einer Zugfestigkeit von $3,7 \text{ t/cm}^2$ und einem Verhältnis der Scherfestigkeit zur Zugfestigkeit von $0,8$:

$$Z = 3,7 \cdot 0,8 \cdot 2,851 \cdot 2 = 16,9 \text{ in t}$$

Die senkrecht zu b , also in Richtung e wirkende Kraftkomponente dieser Diagonale f ist somit:

$$Z_1 \sin \alpha = 14,4 \text{ in t}$$

Die durch den ebenfalls abgerissenen Stab c in Richtung e übertragene Kraftkomponente beträgt in gleicher Weise:

$$Z_2 \cos \beta = 14,25 \text{ in t}$$

Die Summe der auf die Diagonale b in Richtung e übertragene Kräfte ergibt sich somit zu

$$K = 3,01 q_1 - 14,4 - 14,25 \text{ in t}$$

Die Kraft K hat zusammen mit dem gleichmässig verteilten Lawindruck die Diagonale b um δ cm durchgebogen, bis die beiden zweiseitigen Schrauben von $\frac{7}{8}$ " bei A abgesichert wurden. Die Scherkraft beträgt

$$P = 3,7 \cdot 0,8 \cdot 3,88 \cdot 2 \cdot 2 = 46 \text{ t}$$

Ihr entspricht eine Zugspannung im Rohrprofil von 2365 kg/cm^2 . Die Dehnung der unteren Hälfte der Diagonale b infolge dieser Zugspannung ist bei einer Länge von 400 cm

$$\Delta l = \frac{\sigma}{E} l = 0,45 \text{ cm}$$

b) Bestimmung der Durchbiegung δ des Stabes b infolge K und q (Bild 8). Zwischen der Sehne s , dem Bogen l , und dem Winkel β bestehen folgende Beziehungen:

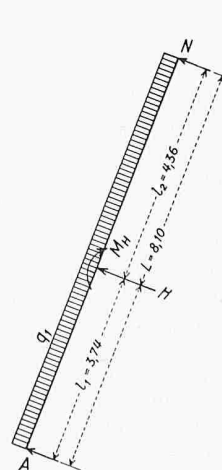


Bild 6. Zur Berechnung der Diagonalen a

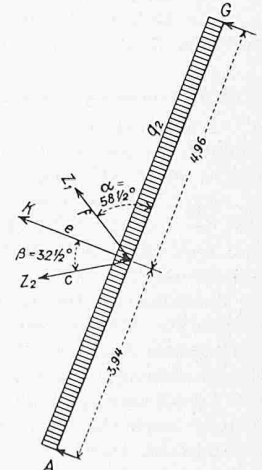


Bild 7. Schneedruck und Kräfte an der Diagonalen b

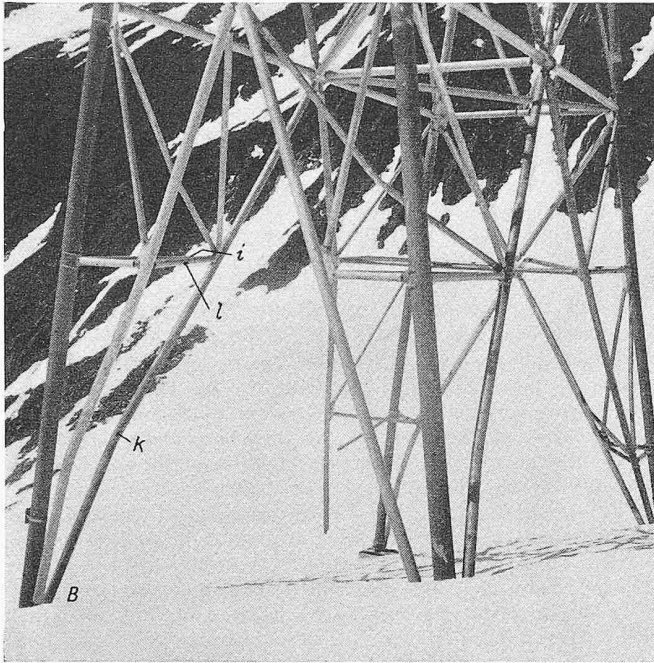


Bild 4. Beschädigter Mastunterteil von Nordosten gesehen

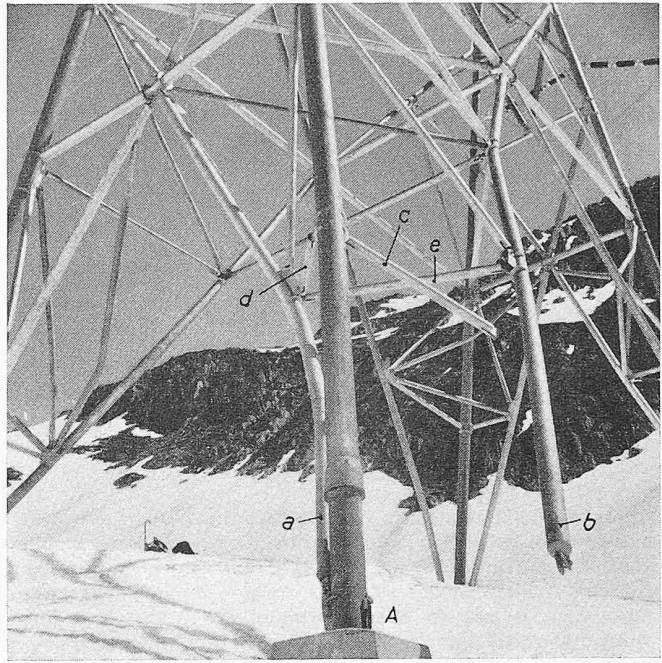


Bild 5. Wie Bild 4, von Südwesten

Sehne $s = 2r \sin \beta/2$. Bogen $l = r \cdot \beta$; $r = l/\beta$; daraus

$$s = 2 \frac{l}{\beta} \sin \frac{\beta}{2} = 2 \frac{l}{\beta} \left(\frac{\beta}{2} - \frac{\beta^3}{3 \cdot 2 \cdot 1 \cdot 8} \dots \right) =$$

$$= l \left(1 - \frac{\beta^2}{24} \right)$$

$$\frac{l-s}{l} = \frac{\beta^2}{24};$$

$$\beta = 0,164 \text{ in Bogenmass oder } \beta = 9^\circ 24'$$

Die Durchbiegung ist somit:

$$\delta = \frac{s}{2} \operatorname{tg} \frac{\beta}{4} = 16,4 \text{ cm}$$

Diese Durchbiegung wurde hervorgerufen einerseits durch die Einzelkraft K , die den Stab e auf den Stab b übertrug, andererseits durch den gleichmässig auf b verteilten Lawindruck (Luftdruck) q . Die Durchbiegung in Funktion der auftretenden Kräfte ist ²⁾

$$\delta = \frac{Ks}{4P} c_a + \frac{q_2 s^2}{4P} c_c, \text{ worin:}$$

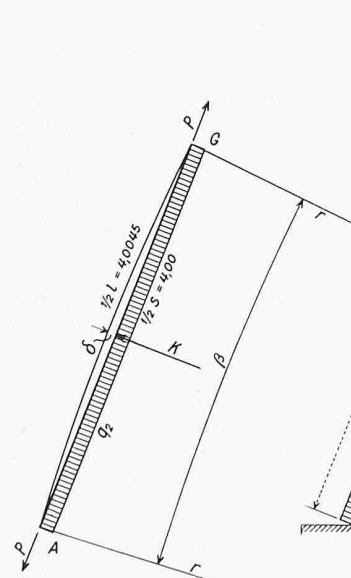


Bild 8. Durchbiegung des Stabes b

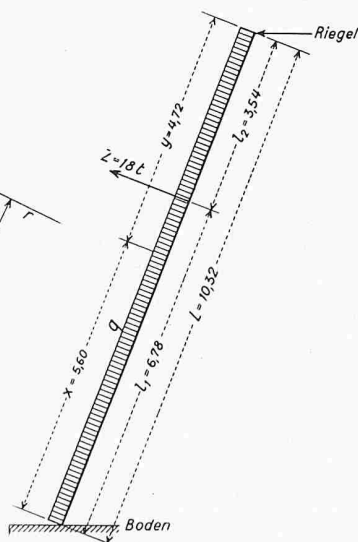


Bild 9. Zur Berechnung des Pfostens C

$$c_a = 1 - \frac{\operatorname{tgh} \alpha}{\alpha} = 0,619; \quad c_c = \frac{1}{2} - \frac{\cosh \alpha - 1}{\alpha^2 \cosh \alpha} = 0,374;$$

$$\alpha = \frac{s}{2} \sqrt{\frac{P}{EJ}} = 2,60 \text{ (in Bogenmass)}$$

Damit findet man:

$$\delta = (3,01 q_1 - 28,65) \cdot 0,0286 + 0,147 q_2$$

und mit

$$q_2 = q_1 \frac{15,9}{15,25} = 1,042 q_1 \text{ (Verhältnis der Rohrbreite)}$$

wird

$$\delta = 0,164 = q_1 (0,086 + 0,153) - 0,819, \text{ woraus}$$

$$q_1 = 4,11 \text{ t/m}$$

Der Flächendruck beträgt somit

$$\frac{4,11}{0,1525} = 27,0 \text{ t/m}^2 \text{ oder } 2,7 \text{ kg/cm}^2$$

III. Nachrechnung der Bruchlast des Stabes e:

Rohrprofil: $\varnothing 102/22$, $F_e = 6,9 \text{ cm}^2$;

$$l_k = 208 \text{ cm}, \quad i_e = 3,53 \text{ cm}, \quad \lambda = \frac{208}{3,53} = 59$$

Für Stahl 37 ist die Knickbruchlast $2,410 \cdot 6,9 = 16,62 \text{ t}$. Die von Stab e übertragene Last betrug aber nur:

$$H = 3,01 \cdot 3,90 = 11,74 \text{ t}$$

Der Lawindruck hätte somit noch bis zu

$$q_{max} = \frac{B_{max}}{3,01} = \frac{16,62}{3,01} = 5,53 \text{ t/lfm} = 36,2 \text{ t/m}^2$$

steigen können, bis das Rohr geknickt wäre (vorausgesetzt, dass nicht die beiden Diagonalen a und b im gleichen Moment nachgaben und somit nur ein Teil der Last B durch e übertragen wurde, wie dies ja anscheinend auch geschehen ist.)

IV. Berechnung des Lawindruckes aus der angewendeten Zugkraft zum Geradedrücken des Pfostens C (Bild 9)

Rohrprofil 254/7; $F_e = 54,3 \text{ cm}^2$; $W_e = 325 \text{ cm}^3$.

Als Folge des Lawindurchgangs sind von den vier Pfosten auf jeden Fall drei sichtbar im untersten Teil gekrümmt worden. Es gelang, diese Pfosten nach Befreiung aller seitlichen Anschlüsse mit einem Kabelzug wieder einigermaßen gerade zu ziehen. Beim Pfosten C war dazu ein Zug

²⁾ Stahlbaukalender 1938, S. 107 ff.

von 18 t nötig. Aus dieser Angabe kann angenähert die gleichmässig verteilte Kraft berechnet werden, die nötig gewesen wäre, um den gleichen, von allen Anschlüssen befreiten Pfosten C krumm zu drücken. Die maximale Durchbiegung des Pfostens infolge der Einzelkraft $Z = 18$ t tritt bei

$$x = a \sqrt{\frac{1}{3} + \frac{2}{3} \frac{l_2}{l_1}} = 5,60 \text{ m}$$

auf. Die Durchbiegung an dieser Stelle beträgt dann:

$$\delta_{max} = \frac{P}{6 E J} \frac{l_1^2 l_2^2}{L} \left(2 \frac{x}{l_1} + \frac{x}{l_2} \frac{x^3}{l_1^2 l_2} \right) = 20 \frac{P}{E J}$$

Für die gleichmässig verteilte Belastung q beträgt die Durchbiegung an der Stelle $x = 5,60$ m bzw. $y = 4,72$ m.

$$\delta = \frac{q l^4}{24 E J} \left(\frac{y}{l} - 2 \frac{y^3}{l^3} + \frac{y^4}{l^4} \right) = 146,3 \frac{q}{E J}$$

Werden nun diese beiden Ausdrücke gleich gesetzt, so erhält man: $20 P = 146,3 q$, und mit $P = 18$ t wird $q = 2,46$ t/lfm oder $9,7$ t/m².

In Wirklichkeit muss der Flächendruck aber wesentlich grösser gewesen sein, wie dies ja auch die Nachrechnung in den Abschnitten I und II zeigt, und zwar aus folgenden Gründen: a) Beim Krümmen des Pfostens infolge Lawinendurchgang mussten nicht nur die Biegesteifigkeit des Stahlrohres überwunden werden, sondern auch die Druck- und Zugspannungen des im Rohr eingefüllten Betons, bis zu dessen Zerstörung; b) der Widerstand der am Pfosten angeschlossenen Diagonalen, Riegel und Füllstäbe musste ebenfalls überwunden werden. Beim Geradeziehen wurde dagegen der Pfosten bis zu einer Höhe von 10,4 m über Bodenpfahl von allen Verbindungen mit anderen Stäben gelöst und der vom Lawinendruck her wohl zerbröckelte Füllbeton konnte vermutlich nur unwesentlichen Druck und keine Zugspannungen mehr aufnehmen.

D. Nachprüfung durch Messungen

Gleichzeitig mit der Wiederinstandstellung der beschädigten Maste wurden zu ihrem Schutz Lawinenkeile erstellt, gegen die immer wieder Lawinen verschiedener Art und Grösse vorstossen werden. Es bietet sich somit eine einzigartige Gelegenheit, an einer ganzen Anzahl ähnlicher Objekte aber bei örtlich ganz verschiedenen Verhältnissen Beobachtungen und Messungen über sich auswirkende Lawinenkräfte zu machen. Die erste Messung dieser Art, der noch ausgedehntere folgen sollen, wurde am Schutzkeil des Mastes 317 im Val Milà durchgeführt. Zwei vom Institut für Schnee- und Lawinenforschung, Weissfluhjoch, konstruierte Lawinendruck-Messvorrichtungen wurden in das Mauerwerk des Lawinenkeils eingebaut³⁾.

Die ersten zwei Messungen in den Wintern 1954/55 und 1955/56 waren sehr interessant, bestätigten sie doch grössenordnungsmässig die oben durchgeführten Nachrechnungen. Die mit zwei Messvorrichtungen, also an vier Tellern gemessenen Drücke betragen:

Winter	1954/55	1955/56
gemessene Drücke	11,7	13,0
in t/m ²	8,5	(0,6 ⁴⁾)
	12,2	9,6
	14,7	9,8
im Durchschnitt	12	10,8

Dass dieser gemessene Druck kleiner ist als der weiter oben berechnete von 27 t/m², hat zwei Gründe: Einmal konnte festgestellt werden, dass die beiden Lawinen, deren Drücke gemessen werden konnten, bedeutend kleineren Umfang und weniger Wucht gehabt haben mussten. Der Teil der Schneemassen, der über den Keil hinweg in den Mast vordringen konnte, hat dort 1954/55 nur einige unbedeutende Füllstäbe verbogen und 1955/56 praktisch keinen Schaden angerichtet. Ein zweiter Grund liegt vermutlich in der ganz verschiedenen Form der beanspruchten Flächen. Statische Schneedruckversuche haben gezeigt, dass ein schmaler Stab oder Balken infolge Keilwirkung bis zum zehnfachen des spezifischen Druckes der darüber sich ausbreitenden Schneedecke auf-

³⁾ Die Wirkungsweise der Apparate hat Dr. J. Killer in SBZ 1957, Nr. 36 beschrieben.

⁴⁾ Vermutlich wegen mechanischem Fehler, keine Druckübertragung

nehmen kann, gegenüber einer in gleicher Tiefe unter der ganzen Schneedecke sich ausbreitenden Fläche. Wenn es sich nun auch im vorliegenden Fall um Messungen dynamischer Kräfte in einem starken Strömungsvorgang handelt, so sind aller Wahrscheinlichkeit nach die relativ dünnen Stäbe des Mastes spezifisch bedeutend stärker — vielleicht doppelt so stark — belastet worden als die ausgedehnte Lawinendruckmauer, in die die Messplatten eingebaut waren. Auch scheinen sich wenige starke Stäbe günstiger zu verhalten als viele schwächere. Weiter dürfte auch die Form der beanspruchten Fläche eine Rolle spielen; gewölbte Flächen setzen einen kleineren Widerstand entgegen als ebene. Doch sind noch zu wenig Versuche in dieser Richtung mit Schnee durchgeführt worden, um diesen Einfluss zahlenmässig erfassen zu können.

Die gemessenen spezifischen Druckwerte für Flächen dürfen demnach nur mit Vorbehalt für die Dimensionierung von Stäben verwendet werden. Die zukünftigen Messergebnisse werden auch zeigen, ob der oben berechnete Druck von 27 t/m² einen mittleren Wert darstellt oder für die dortigen örtlichen Verhältnisse einen extrem hohen Wert.

Verglichen mit den Versuchsmessungen im Kaukasus, bei denen Drücke von 6 bis 40 t/m² erreicht wurden, und Einzelmessungen in Canada, die 17,5 t/m² und 7 bis 8 t/m² ergaben, scheint die oben berechnete Zahl einen guten Mittelwert darzustellen. Es steht aber jetzt schon mit Sicherheit fest, dass zukünftige Lawinenschutzbauten auf bedeutend höhere Beanspruchungen zu dimensionieren sind, als dies bisher üblich war.

Adresse des Verfassers: Mythenstrasse 10, Wettingen AG

NEKROLOGE

† **Hans Studer**, consult. Ing., Itschnach. Auf Freitagnachmittag, den 16. Aug. 1957, waren wir fünf noch lebende Polykameraden von einst 36 der Ingenieurabteilung 1894/98 (ein sechster musste leider krankheitshalber aussetzen) von Hans Studer wie ungefähr allmonatlich zu einem Hock im Zürcher Zeughauskeller aufgeboten. Bei diesem Anlass sollte dann unsere 60. Sihlbruggertagung hinten in der dortigen «Krone» festgesetzt werden, in deren Umgebung wir im Herbst 1896 Vermessungsarbeiten zur Erlangung unseres Ingenieur-Diploms zu besorgen hatten. Wir wurden damals von der lieben Familie Huber so gut aufgenommen, dass wir seither alljährlich einmal dort zusammentrafen. Als ich nun am 16. August gegen Mittag von der Kremation eines guten Bekannten heimkehrte, meldete man mir, heute morgen sei unser lieber Kamerad Hans Studer plötzlich gestorben. Eine traurige Ueber-raschung, die ich meinen Kameraden, als wir uns an jenem Nachmittag in Zürich trafen, mitteilen musste.

Hans Studer wurde am 3. Juli 1875 als jüngster Sohn des Arztes Studer in Aarau gegenüber der alten Kantonsschule geboren. Er besuchte dort die Primar- und Sekundarschule. Gemeinsam bestanden wir im Frühling 1891 die Aufnahmeprüfung in die dortige Kantonsschule und traten beide sofort auch dem Kantonsschüler-Turnverein bei — Oberturner war Ferdinand Rothpletz, der spätere Bauleiter der beiden Simplon-, des Löttschberg- und des Münster-Grenchen-Tunnels. Während dieser Zeit sollte sich Hans Studer dem Bankfache widmen; dies passte ihm aber gar nicht; er kehrte nach kurzer Zeit in unsere Klasse zurück und legte dann mit uns die Maturität ab. Von uns acht Kameraden traten sieben ins Poly über, wir zwei an die Bauingenieur- und zwei andere an die Maschineningenieur-Abteilung, darunter der Pole Kaplan, der spätere Erfinder der Kaplanturbine, drei wurden Förster und einer, Arthur Bally, von Schönenwerd, trat als Kaufmann ins weltbekannte väterliche Schuhgeschäft über.

Nach Beendigung seiner Studien am Poly mit dem Ingenieurdiplom war Hans Studer fünf Jahre lang bei der Projektierung und Bauleitung der Strecke Alvaschein-Alvaneu mit der Solisbrücke der Rhätischen Bahn tätig, um im Jahre 1903 die örtliche Bauleitung des Kraftwerkes Luzern-Engelberg zu übernehmen. Schon 1905 kehrte er zur Rhätischen Bahn zurück, wo ihm beim Bau Davos-Filisur die Projektierung und Bauleitung für die Strecke Schmelzboden bis Wiesener Viadukt anvertraut wurden. Diesem prachtvollen Steingewölbe galt seine grosse Liebe, und er beschrieb die Berech-