

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 67 (1949)
Heft: 32

Artikel: Theoretische Grundlagen des Lawinenverbaues
Autor: Schaad, W.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-84111>

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: 10.01.2026

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

Theoretische Grundlagen des Lawinenverbauens

DK 624.182

Jedem sind die regelmässig in den Radiomeldungen durchgegebenen Lawinenprognosen des Eidg. Institutes für Schneeforschung und Lawinenforschung, Davos-Weissfluhjoch, bekannt. Die von dessen Leiter veröffentlichte Promotionsarbeit¹⁾ (Referent: Prof. Dr. E. Meyer-Peter, Korreferent: Prof. Dr. P. Niggli) befasst sich denn auch mit den physikalischen Eigenschaften des Schnees sowie deren Berücksichtigung beim Planen und Ausführen von Lawinenverbauungen. Schon das flüchtige Durchgehen der Publikation reizt durch die klare stoffliche Gliederung und das anschauliche Bildmaterial zu näherem Studium.

Beginnend mit dem komplexen, technologischen Verhalten des Materials Schnee geht die Arbeit zur Statik und Dynamik der Schneedecke über, um mit theoretischen und praktischen Betrachtungen des Lawinenverbauens abzuschliessen.

Bemerkenswert daran ist der Vergleich der Eigenschaften des Schnees mit denen elastisch-plastischer Stoffe, ein allgemein interessierendes Kapitel, in dessen Rahmen der Schnee infolge seiner charakteristischen Eigenschaften eine Sonderstellung als nahezu ideal plastisches Material einnimmt. Hervorzuheben sind die grosse Wirkung der Temperatur und des Spannungszustandes auf die Plastizitäts- und Festigkeitseigenschaften des Schnees, da dadurch die Kohäsions- und Zähigkeitsverhältnisse massgebend beeinflusst werden. Unter einem Druckzustand verfestigt sich im allgemeinen der Schnee, namentlich der Neuschnee, während bei nicht beanspruchtem oder unter Zugspannungen stehendem Schnee die als Metamorphose bekannte Umkristallisation von Kohäsionsverlusten begleitet ist. Die durch zahlreiche Versuchsdigramme illustrierten und durch mechanische Modelle sehr leichtfasslich erklärten Zusammenhänge finden später den folgerichtigen Niederschlag in der Disposition des Lawinenverbauens.

Die Entwicklung der Schneedecke und deren Veränderungen im Laufe des Winters, sowie die für spätere Lawinenbildungen massgebenden meteorologischen Bedingungen zu Beginn der jeweiligen Schneefälle werden anschaulich und instruktiv anhand der Schneedecken-Zeitprofile des Jahrzehnts von 1936 bis 1946 besprochen. Diese Profile bilden die Grundlage zur Uebersicht des Verhaltens der Schneedecke und der Schlüsse für deren Lawinengefährlichkeit.

In diesem Zusammenhang entwickelt E. Bucher in sehr klarem mathematischem Aufbau die Theorie der Spannungsverteilung und des Kriechvorganges innerhalb der Schneedecke, wobei als Grundlage das Kraftgesetz und das Zähigkeitsgesetz von Newton dienen. Ausgehend vom Zustand der horizontalen Schneedecke werden die Verhältnisse bei unendlich ausgedehnter geneigter Schneedecke und schliesslich die von Lawinenverbauungen zu übernehmenden Kräfte der abgestützten Schneedecke entwickelt. Dabei werden in klarer, widerspruchsfreier Behandlung ähnliche Kräfte erhalten, wie sie die bekannte frühere, auf elementarem, jedoch umständlicherem Wege hergeleitete Theorie ergab. Es resultieren dabei sehr einfache Gebrauchsformeln zur Abschätzung der Grössenordnung der auf Lawinenverbauungen wirkenden Normal- und Querkräfte, die dem projektierenden Ingenieur wertvolle Hilfe leisten. Es ist jedoch darauf hinzuweisen, dass solche unter bestimmten theoretischen Voraussetzungen hergeleiteten Beziehungen infolge der grossen Veränderlichkeit der Schnee-Eigenschaften nur in orientierender Weise die Grösse der Kräfte geben können. Der Gebrauch der Ausdrücke muss daher mit den praktischen Erfahrungen des Lawinenverbauens verbunden werden, ein Umstand, auf den in der Arbeit in vermehrtem Masse hingewiesen werden sollte.

Zusätzlich ergibt die neue Theorie die Rückführung früher abgeleiteter Zusammenhänge auf die grundlegenden Koeffizienten der Kriechtheorie der Schneedecke und deren Querdehnungszahlen. Der theoretische Aufbau wird noch vervollständigt durch die Besprechung der Stabilitäts- und Reibungsbedingungen der Schneedecke.

Im abschliessenden Kapitel über Lawinenverbau werden die technologischen und theoretischen Ergebnisse der Schneedecke zusammengefasst.

¹⁾ Beitrag zu den theoretischen Grundlagen des Lawinenverbauens. Von E. Bucher. 113 S., 67 Abb. Bern 1948, Kommissionsverlag Kümmery & Frey.

forschung zu konstruktiven Folgerungen verschmolzen, nach kurzer Streifung der Beeinflussung und Nutzbarmachung der Schneeverwehung die Systeme der Lawinenverbauungen diskutiert und deren günstigste Ausbildung herausgearbeitet. Die Untersuchung führt dazu, die Auflösung einer lawinengefährdeten Schneedecke in abgestützte Druckzonen zu empfehlen, um dem druckbeanspruchten Schnee Gelegenheit zur natürlichen Verfestigung zu geben, und die von Kohäsionsverlusten begleitete Umkristallisation der Zugzonen zu vermeiden. Solche Zugzonen könnten durch ihre Anrisgefahr zu Lawinenabbrüchen Anlass geben. Gleichzeitig ist durch die Disposition der Bauwerke anzustreben, dass die Schneoberfläche unterhalb des innern Reibungswinkels des Schneematerials bleibt.

Durch die technologisch eingehende Behandlung, die saubere mathematische Gliederung, instruktive Bilder, sowie didaktisch gut aufgebaute Entwicklung, die ohne Abirrung in die beim gewählten Thema immer bestehende Gefahr der zu ausgedehnten Behandlung von Einzelfragen geboten werden, verdient die konzentriert auf das Ziel gerichtete Arbeit die volle Beachtung des Forschers wie des Ingenieurs. Aber auch für denjenigen, der sich in das Wesen der Schneemechanik einarbeiten will, stellt sie eine wertvolle Unterlage dar, da die Arbeit gleichzeitig Zusammenfassung, Vereinfachung und Weiterentwicklung der bekannten Arbeiten über Schneemechanik bedeutet. Einige, dem aufmerksamen Leser sofort auffallende Druckfehler vermögen den Wert der Arbeit nicht zu schmälern.

Ferner ist auch auf die enge Verwandtschaft des Themas mit den Kriechvorgängen der Erdbaumechanik hinzuweisen. Der mit erdbaulichen Fragen beschäftigte Bauingenieur wird sich zukünftig diesem Phänomen in vermehrtem Masse widmen müssen, beeinflussen solche Vorgänge doch z. B. jede in plastischem Bodenmaterial erstellte Stützmauer und bewirken deren langandauernde Verformungen und Bewegungen. Die in den letzten Jahren bekannt gewordenen Gefährdungen von Brücken, Tunnels und Bahntrassen durch kriechende Lockergesteinshänge weisen auf die Wichtigkeit solcher Bewegungen mit aller Deutlichkeit hin. Schliesslich werden auch die in solchen Hängen versetzten Vermessungsfixpunkte durch die Kriechbewegungen im Laufe der Zeit wesentlich verschoben, wie Feststellungen der letzten Jahre zeigten. Auch von diesem Gesichtspunkte aus sollte den plastischen Verformungen von Erdböschungen vermehrte Beachtung geschenkt werden. Die in der Schneedecke sich verhältnismässig schnell abspielenden Bewegungen geben hierzu ein gutes Anschauungsmaterial für die qualitative Beurteilung.

*

Zum Schluss seien noch einige ergänzende Bemerkungen zur theoretischen Lösung der Aufgabe angefügt. Die Differentialgleichungen der Bewegungen in x - und z -Richtung (parallel und senkrecht zum Hang) lauten:

$$x\text{-Richtung (1)} \quad K^2 \frac{\partial^2 v_x}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v_x}{\partial z^2} - \frac{\gamma_s \sin \psi}{\eta} = 0 \quad (37)*$$

$$z\text{-Richtung (2)} \quad \lambda^2 \frac{\partial^2 v_z}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v_z}{\partial z^2} - \frac{\lambda^2 \gamma_s \cos \psi}{\eta} = 0 \quad (76)$$

Darin bedeuten:

γ_s das Raumgewicht des Schnees
 ψ den Neigungswinkel des Hangs
 η die Zähigkeit des Schnees

K^2 das Verhältnis der spezifischen Schiebungsgeschwindigkeit a_3 zu der unter einseitiger Querdehnungsmöglichkeit auftretenden Zusammendrückungsgeschwindigkeit a_2' des Schnees
 λ^2 das Verhältnis der spezifischen Zusammendrückungsgeschwindigkeit a_2' bei verhindelter Querdehnungsmöglichkeit zur spezifischen Schiebungsgeschwindigkeit a_3 des Schnees.

Hierbei gilt: $K^2 > 1$, $\lambda^2 < 1$, $\frac{\lambda}{K} < 1$.

Die weiteren Bezeichnungen gehen aus Bild 1 hervor.

Für die Lösung gelten unter andern die Randbedingungen (für $x = \infty$):

^{*)} Die eingeklammerten Zahlen bedeuten die Numerierung in der besprochenen Arbeit.

Tabelle 1. Zusammenstellung und Vergleich der Ergebnisse

	Linie	Grösse	Nach Bucher	Auf Originalfunktion zurückgeführte Ausdrücke
			Horizontale Schneedecke	
Deformations- Geschwindigkeiten	a	v_x	0	0
	b	v_z	$-\gamma_s \frac{\lambda^2}{\eta} f_1(z)$	$-\gamma_s \frac{\lambda^2}{\eta} f_1(z)$
Geneigte, unendlich ausgedehnte Schneedecke (neutrale Zone)				
	c	v_x	$-\gamma_s \sin \psi \frac{1}{\eta} f_1(z)$	$-\gamma_s \sin \psi \frac{1}{\eta} f_1(z)$
	d	v_z	$\sim -\gamma_s \cos \psi \frac{\lambda^2}{\eta} f_1(z)$	$\sim -\gamma_s \cos \psi \frac{\lambda^2}{\eta} f_1(z)$
Abgestützte Schneedecke				
Spannungen	e	v_x	$-\gamma_s \sin \psi \frac{1}{\eta} [1 - f_1(x)] f_2(z)$	$-\gamma_s \sin \psi \frac{1}{\eta} [1 - f_1(x)] f_1(z)$
	f	v_z	$-\gamma_s \cos \psi \frac{\lambda^2}{\eta} [1 - f_2(x)] f_2(z)$	$-\gamma_s \cos \psi \frac{\lambda^2}{\eta} [1 - f_2(x)] f_1(z)$
Kriechdruck auf Stützwand	g	σ_x	$-\gamma_s \sin \psi \frac{K\pi}{2d} f_1(x) f_2(z)$	$-\gamma_s \sin \psi \frac{K\pi}{2d} f_1(x) f_1(z)$
	h	τ_z	$-\gamma_s \cos \psi \frac{\lambda\pi}{2d} f_2(x) f_2(z)$	$-\gamma_s \cos \psi \frac{\lambda\pi}{2d} f_2(x) f_1(z)$
Schneedruck an beliebiger Stelle	i	S_1	$-\gamma_s \sin \psi K \frac{d^2}{2} = S_1$	$-\gamma_s \sin \psi K \frac{\pi}{3} \frac{d^2}{2} = S_1$
	k*	S_x	$-\gamma_s \sin \psi K \frac{d^2}{2} f_1(x) = S_1 f_1(x)$	$-\gamma_s \sin \psi K \frac{\pi}{3} \frac{d^2}{2} f_1(x) = S_1 f_1(x)$
Querkraft an der Stützwand	l	Q_1	$-\gamma_s \cos \psi \lambda \frac{d^2}{2} = Q_1$	$-\gamma_s \cos \psi \lambda \frac{\pi}{3} \frac{d^2}{2} = Q_1$
	m*	Q_x	$-\gamma_s \cos \psi \lambda \frac{d^2}{2} f_2(x) = Q_1 f_2(x)$	$-\gamma_s \cos \psi \lambda \frac{\pi}{3} \frac{d^2}{2} f_2(x) = Q_1 f_2(x)$
Funktionen			$f_1(x) = e^{-\frac{\pi x}{2Kd}}, f_2(x) = e^{-\frac{\pi x}{2\lambda d}}, f_1(z) = z \left(d - \frac{z}{2} \right),$ $f_2(z) = \frac{d^2}{2} \sin \left(\frac{\pi z}{2d} \right)$	

Die mit * bezeichneten Ausdrücke der linken Kolonne sind in der Arbeit von Bucher nicht enthalten und wurden der Vollständigkeit halber vom Verfasser abgeleitet.

führt, und für den Fall der horizontalen Decke außerdem $\psi = 0$ gesetzt wird. Die Ausdrücke der abgestützten Decke besitzen somit allgemeinste Geltung.

Diese ergänzenden Betrachtungen zeigen, dass, gestützt auf die Arbeit von E. Bucher, das Kräftespiel wie der Bewegungsverlauf hangparalleler Schneedecken in qualitativer und quantitativer Hinsicht abgeschätzt und zugleich der Zusammenhang zwischen horizontaler, unendlich ausgedehnter geneigter Schneedecke (neutrale Zone) und der abgestützten überblickt werden kann. Es ist noch zu erwähnen, dass für die Zugzone eines Schneehanges die analogen Ueberlegungen gelten, wie für die Druckzone oberhalb der Abstützung. Wegen der bereits erwähnten Forderung, Zugzonen durch entsprechende Disposition der Verbauungsanlagen zu vermeiden,

begegnet die mathematische Behandlung dieses Problems lediglich theoretischem Interesse.

Wenn auch die Ergebnisse nur für die getroffenen Voraussetzungen des behandelten Idealfallen gelten und für praktische Zwecke mehr zur Orientierung dienen, gibt der aus der Bucher'schen Arbeit hervorgehende Zusammenhang doch einen wertvollen Einblick in die Mechanik und das Wesen der Schneedecke, wobei hervorzuheben ist, dass die an und für sich sehr komplexen Vorgänge auf verhältnismässig einfache Art analysiert und dargestellt werden können.

W. Schaad,
Versuchsanstalt für Wasserbau und Erdbau
an der ETH, Zürich.

Einführung des Doktortitels für Hochschul-Techniker in Oesterreich

DK 378.245 : 378.962 (436)

Bis jetzt kannte Oesterreich, ähnlich wie die schweizerischen technischen Hochschulen, den akademischen Grad «Doktor der technischen Wissenschaften», der nur von jenen Absolventen einer Technischen Hochschule erworben werden konnte, die nach Abschluss eines mindestens achtsemestrischen normalen Studiums zusätzlich noch zwei oder mehrere Semester für die Ausarbeitung einer Dissertation aufwenden konnten. Hingegen war es für die Studenten an österreichischen Universitäten — ebenfalls ähnlich wie in der Schweiz — möglich, den Doktorgrad bereits gleichzeitig mit dem Abschluss des Normalstudiums zu erwerben. Das Bundesgesetz vom 7. Juli 1948 betreffend die Verleihung des akademischen Grades «Doktor der technischen Wissenschaften», das mit der Veröffentlichung im Bundesgesetzblatt Nr. 170 am 31. August

1948 rechtswirksam geworden ist, bringt nun eine grundlegende Änderung in Richtung einer Ordnung, wie sie z. B. in Italien schon lange besteht und auch in der Schweiz im Verlaufe der Titelschutz-Diskussion öfter erwogen wurde. In der «Zeitschrift des Oesterreichischen Ingenieur- und Architekten-Vereins» Nr. 19/20 vom 3. Oktober 1948 erläutert Dipl. Ing. Rudolf Schoböer die Gründe, die zu dem betreffenden Gesetz geführt haben. Wir entnehmen seinen Ausführungen folgende Stellen:

Die Hochschultechniker waren seit jeher der Auffassung, dass für sie auf Grund gleichartiger Studiendauer und gleichartigen Wissensumfangs auch gleichartige Voraussetzungen zur Erlangung des Doktorgrades bestehen wie an den Universitäten. Solange die gleiche Bewertung der Absolventen