

Zeitschrift: Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss forestry journal = Journal forestier suisse
Herausgeber: Schweizerischer Forstverein
Band: 119 (1968)
Heft: 7-8

Artikel: Eine Analyse der Lawinenverbauungen im Berner Oberland
Autor: Schwarz, W.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-765592>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 01.04.2025

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

Eine Analyse der Lawinerverbauungen im Berner Oberland

Von *W. Schwarz*, Interlaken

Oxf. 384.1

Im großen Lawinenwinter 1950/51 blieb das BO (Berner Oberland) weitgehend von Lawinenschäden verschont. Von den vor allem auf der Alpennordseite konzentrierten Schäden der Lawinenperiode 19. bis 22. Januar 1951 entfallen auf das BO nur 9 zerstörte Ställe, 27 Alphütten und andere Gebäulichkeiten sowie 330 m³ Schutzwald (Schäden in der ganzen Schweiz für den ganzen Winter 1950/51: 98 Lawinentote, 62 Verletzte, 884 Stück Groß- und Kleinvieh tot, 187 Häuser und 1302 weitere Gebäulichkeiten, 169 945 m³ Wald zerstört).

Im letzten bedeutenderen Lawinenwinter 1953/54 dagegen häuften sich die Lawinenschäden auch im BO, indem rund ein Fünftel der gesamtschweizerischen Schäden hier auftraten: Schadenlawinen 65 (Schweiz 325), Personen verschüttet 28 (159), Personen verletzt 7 (26), Personen tot 4 (33), Groß- und Kleinvieh tot 40 (228), Gebäudeschäden: Häuser 11 (63), andere Gebäude 76 (571), Waldschäden 2035 m³ (10 300 m³).

Da sich bei Staulagen mit gleichzeitigen stürmischen Winden aus dem NW-Sektor Großschneefälle vor allem im Gebiet östlich der Aare auswirken, sind dort die Neuschneemengen und damit die Schadendichte meist größer als im BO. Bereits innerhalb des BO ist beispielsweise eine Zunahme der mittleren maximalen Schneehöhen von West nach Ost festzustellen, die in 2000 m Meereshöhe in der Region Simmental 250 cm und im Gebiet Gadmen/Guttannen rund 300 cm betragen.

Entsprechend den hauptsächlich niederschlagsbringenden Winden aus dem NW-Sektor sind vor allem die nach E bis S exponierten Bergflanken als Anrißgebiete großer Schadenlawinen gefährlich. So wiesen beispielsweise im BO rund zwei Drittel aller Schadenlawinen vom Januar 1968 Einzugsgebiete mit E- bis S-Exposition auf. Alle Stützverbauungen im BO mit Ausnahme der nordexponierten Verbauung Syten/Adelboden entfallen ebenfalls auf Einzugsgebiete mit Expositionen von E bis S.

Während in der ganzen Schweiz nach den großen Lawinenschäden vom Winter 1950/51 eine äußerst rege Verbautätigkeit begann, setzte eine solche im BO erst nach dem Lawinenwinter 1953/54 ein. Entsprechend den schwersten Lawinenniedergängen und der größten Schadendichte konzentrierten sich die Verbauungsmaßnahmen vorerst auf das Brienerseegebiet; die Verbauungen im Frutigland und im Simmental wurden etwas weniger intensiv vorangetrieben, diejenigen im Gebiet der Weißen Lutschine erst 1965 begonnen.

Tabelle 1

Lawinenschutzprojekte Berner Oberland 1951–1967

Projekt	Verbauungs- typ	Bauzeit	Baukosten bis Ende 1967 Fr.	permanenter ge- gliederter Stütz- verbau m ¹
Wilerhorn, Brienzwiler	A, V, B	1958–67	2 142 000.—	2225
Tanngrindel, Brienz	A, V	1956–67	2 073 000.—	2093
Schwandegg-Hegern, Müllenen	A, V	1951–67	871 000.—	1477
Kistenlauri, Kandersteg	A, VTR	1951–65	199 000.—	—
Bannwald, Adelboden	A, V	1956–67	563 000.—	419
Syten, Adelboden	A, V	1956–67	372 000.—	514
Gantlauenen, St. Stephan	A, V	1962–67	765 000.—	777
Hängeli, Lenk	A, VH	1958–59	44 000.—	—
Bohlbachrain, Habkern	A, VH	1966–67	28 000.—	—
Obermaad, Gadmen	DU	1955–60	65 000.—	—
Fischer, Gadmen	DU	1955	38 000.—	—
Eschler, Stechelberg	DH	1965	25 000.—	—
Gertsch, Stechelberg	DH	1966	7 000.—	—
Brog, Stechelberg	DS	1967	25 000.—	—
Stechelberg, Lauterbrunnen	DU	1967	91 000.—	—
Total	1951–1967		7 308 000.—	7505
Total	1956–1967		7 095 000.—	7454
Durchschnitt	1956–1967		591 000.—	621

Legende:

A = Aufforstung; V = Stützverbau, gegliedert; VTR = Verbau mit Trockenmauern; VH = Verbau mit Holzschneerechen; B = Bremsverbau; D = Direktschutzbauten; DU = Lawinenunterstände; DS = Spaltkeil; DH = auf Lawinenkräfte dimensionierte Hausfronten.

Die seit dem Jahre 1951 im BO ausgeführten Lawinenschutzprojekte sind in Tabelle 1 dargestellt. Alle Stützverbauprojekte wurden dabei mit Erfolg in eigener Regie der betreffenden Bauherrschaften ausgeführt.

Da die Verbaustätigkeit in den Jahren 1951–55 nur unbedeutend war, wird diese Zeitspanne bei den folgenden Betrachtungen nicht berücksichtigt. Für den Zeitraum 1956–67 ergeben sich durchschnittliche jährliche Aufwendungen für Lawinerverbauungen von Fr. 590 000.— (1966 und 1967 je rund 0,9 Mill. Franken). Das entspricht 70% der im BO durchschnittlich pro Jahr aufgewendeten Kosten von Fr. 830 000.— (1956–66 = 9,13 Mill. Franken) für Verbauprojekte (Lawinen-, Bach-, Stein-

schlagverbau, Entwässerungen, Aufforstungen, Föhnschadenwiederherstellung).

Für das gesamte schweizerische Alpengebiet lauten die entsprechenden Zahlen für die gleiche Zeitspanne Fr. 11 458 000.— (126,04 Mill. Franken).

In den für das BO angeführten Baukosten 1951–67 sind unter anderem die Aufwendungen für die Erstellung von 3100 m³ Trockenmauern enthalten.

Davon entfallen rund 1050 m³ auf die Verbauung Kistenlauri, an der seit 1910 zum Schutze des Nordportales der Lötschbergbahn BLS gearbeitet wird. Die hier in der Zeit 1951–65 gebauten 337 Laufmeter Trockenmauern zur Verhinderung von Lawinenanbrüchen ergeben einen reinen Mauerinhalt von 3,1 m³ pro Laufmeter Mauerlänge. Damit unterscheiden sich diese Mauern wesentlich von den übrigen und größtenteils nach 1956 in den Verbauungen Wilerhorn, Tanngrindel und Schwandegg-Hegern gebauten Trockenmauern mit einem Inhalt von 1,3 m³ pro Laufmeter.

Diese kleineren Mauern wurden vor allem mit schachtelförmigen Drahtsteinkisten erstellt und dienen zur Verminderung des Schneegleitens, zur Verhinderung von Steinschlagschäden an gegliederten Stützverbauungen, zur Deponie von überschüssigem Aushubmaterial von Fundamenten oder entfallen auf den Umbau zerfallender, alter gemischter Terrassen.

Der Bau großer Trockenmauern zur Verhinderung von Lawinenanbrüchen wurde in der Verbauung Kistenlauri 1965 eingestellt; in den nächsten Jahren werden auch hier Verbauungen mit gegliederten Verbauungstypen begonnen. Die ersten 51 Laufmeter gegliederter Stützverbauungen wurden 1951–1955 in der Verbauung Schwandegg-Hegern, Mülenen, gebaut. Ab 1956 wurden dann durchschnittlich pro Jahr 621 Laufmeter gegliederte Werktypen erstellt. Die seit 1951 bis Ende 1967 im BO eingebauten permanenten gegliederten Stützwerke von 7505 m Länge entsprechen punkto Laufmeterzahl damit genau der größten schweizerischen Stützverbauung am Kühnihorn/St. Antönien oder rund 8% der in der gesamten Schweiz von 1939–1966 aufgestellten 89 074 Laufmeter permanenter gegliederter und subventionierter Stützwerke.

Bei den im gegliederten permanenten Stützverbau verwendeten Baustoffen für den Oberbau (Tabelle 2) ergeben sich für das BO gegenüber der gesamtschweizerischen Ebene einige wesentliche Unterschiede:

Auf die Anwendung von vorgespannten Betonwerken wurde im BO vollständig verzichtet wegen der hohen Transportgewichte, der Sprödigkeit des Materials und wegen des Zwanges zur durchgehenden Verbauweise; schließlich hätten die in den Verbaugebieten des BO hohen Gleitfaktoren von $N = 2,5-3,0$ zu kleinen Stützen- bzw. Trägerabständen von nur 2,2 m und damit zu vergrößerten Oberbau- und Fundationskosten geführt.

Dagegen ist der Stahl mit einem Anteil von 45% (ganze Schweiz 17%) zum bevorzugten Baustoff der Verbauungen im BO geworden, nachdem

Tabelle 2

Permanenter gegliederter Stützverbau nach Baustoffen

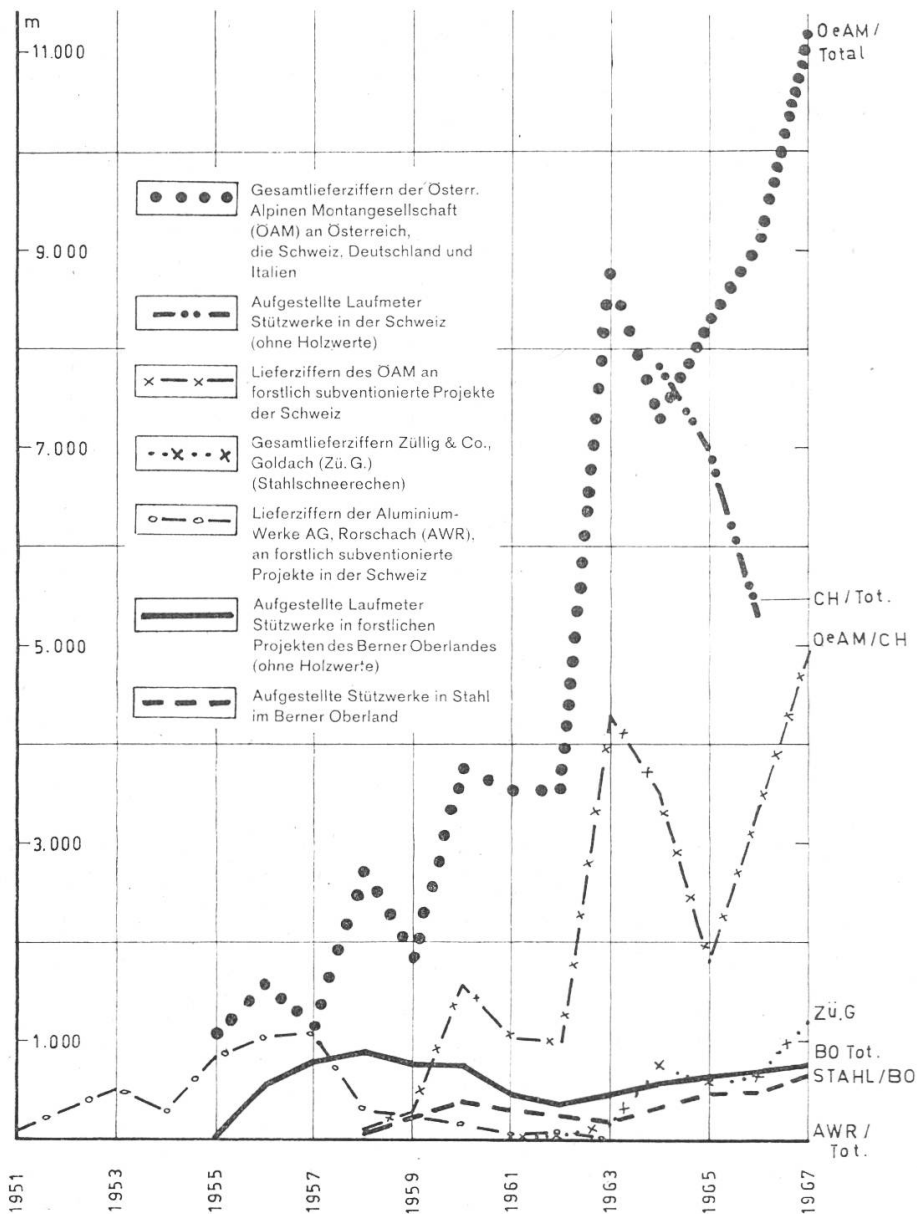
Baustoff	Schweiz 1939–1966		Berner Oberland 1951–1967	
	m	o/o	m	o/o
Stahl	15 532	17,4	3347	44,6
Stahl/Holz	19 583	22,0	1506	20,0
Leichtmetall	22 998	25,8	2140	28,5
Leichtmetall/Holz	584	0,7	50	0,7
Vorspannbeton	20 993	23,6	—	—
Schneenetze	9 384	10,5	462	6,2
Total permanenter Stützverbau	89 074	100,0	7505	100,0
Temporäre Holzschneerechen	31 613	—	800	—

hier 1958 die ersten Ganz-Stahl-Werke der Schweiz aufgestellt wurden. Die namentlich von der Österreichischen Alpinen Montangesellschaft ÖAM gelieferten Stahl-Schneebrücken können heute als durchentwickelt bezeichnet werden. Die gedrungenen und bis 10 mm starken Profilbalken dieser Schneebrücken haben sich gegenüber andern, relativ dünnwandigen Profilen von großer Abmessung, die auf lokale Kraftspitzen mit bleibenden Deformationen reagieren, eindeutig durchgesetzt.

Der Anteil der anfänglich vor allem wegen des geringen Transportgewichtes verwendeten Al-Verbindungen von 28% im BO stammt allein aus den Jahren 1956–63. Die weitere Verwendung von Al-Verbindungen unterblieb ab 1964 weitgehend aus preislichen Gründen: der Ankauf einer Schneebrücke $3,0 \times 4,0$ m für eine Hangneigung von 45° und einen Gleitfaktor $N = 2,5$ kostet in Stahl Fr. 1240.— (1035 kg) und in Al-Verbindung $3,0 \times 4,5$ m rund 2700 Franken (460 kg).

Ebenfalls aufgegeben wurde seit 1965 die Anwendung von Schneenetzen. Diese weisen wohl wegen ihrer Flexibilität bedeutende Vorteile in steinschlägigen Gebieten auf, verursachten aber andererseits bis heute die größten Unterhaltskosten. Im weitern vermögen die Schneenetze die Forderung der «Richtlinien für den permanenten Stützverbau», Schneebewegungen zu bremsen oder nach kurzer Wegstrecke abzufangen, nicht zu erfüllen.

Der Baustoff Holz wurde bis heute für den Bau von 800 Laufmetern Holz-Schneerechen (vorwiegend nicht imprägniertes Lärchen-, Bergföhren- oder engringiges Fichtenholz) für temporäre Verbauungen in Höhenlagen



Darstellung 1

Entwicklungsreihen aus dem gegliederten Stützverbau in Laufmetern

Abbildung 1

Staublawine vom 10. 1. 68 im Fahrlauigraben am Augstmatthorn, 2137 m ü. M., bei Oberried. Die Fahrlau verschüttete am 7. und 10. 1. 68 die Staatsstraße Interlaken—Brienz und die Brüniglinie SBB.

(Photo W. Schwarz)

Abbildung 2

Teilansicht der Lawinenverbauung Tanngrindel, Brienz, nach dem Lawinenniedergang vom 21. 3. 67. Die Wirkung der Stützverbauung ist deutlich sichtbar an der stabilisierten Schneedecke innerhalb der Verbauung und an den außerhalb derselben abgestürzten Lawinen mit Anrißlinien entlang dem Verbauungsrand.

(Photo W. Schwarz)





zwischen 1000–1400 m ü. M. verwendet. Ferner gelangte mit Steinkohlenteeröl auf der Basis von 45–60 kg/m³ im Vakuum und Druckverfahren imprägniertes Föhrenrundholz für den Druckrost von 1506 Laufmetern Eisen-Holzschneebrücken in Höhenlagen von 1500–1700 m ü. M. zum Einbau. Die vollwandigen Holzquerschnitte und das große Arbeitsvermögen des Holzes führen dazu, daß im permanenten Stützverbau bei diesem Baustoff Beschädigungen praktisch ausbleiben.

Die Entwicklung des Anteiles der verschiedenen Baustoffe an den permanenten gegliederten Stützverbauungen seit 1951 ist in Darstellung I dargestellt. Leider ist diese Darstellung nicht vollständig, indem auf gesamtschweizerischer Ebene für die subventionierten Verbauungen nur für die Jahre 1964–1966 nach Bautypen gegliederte Angaben erhältlich sind. Zudem beziehen sich die dargestellten Ziffern der Österreichischen Alpen Montangesellschaft (ÖAM), der Aluminiumwerke AG Rorschach (AWR) und von Züllig & Cie auf die Lieferungen in den betreffenden Jahren, während alle übrigen Zahlen den tatsächlich aufgestellten Laufmetern der Werke in den betreffenden Jahren entsprechen.

Die laufmetermäßigen Anteile an den Lieferziffern der Gesamtproduktion 1955–1967 von 62 178 m¹ Stahl-Schneebrücken ÖAM betragen für Österreich 62%, die Schweiz 35% (davon BO 4,4%), Italien 2% und Deutschland 1%.

Gewichtsmäßig betragen die Anteile an den insgesamt 14 038 Tonnen Stahl-Schneebrücken ÖAM für Österreich 55%, die Schweiz 42% (davon BO 5,6%), Italien und Deutschland 3%. Pro Laufmeter Stahl-Schneebrücken entfallen demnach in Österreich 201 kg Stahl und in der Schweiz sowie im BO 270 kg. Neben dem Einfluß der verwendeten mittleren Rosthöhen der Schneebrücken kommt in diesen Zahlen vor allem die unterschiedliche Beurteilung der Gleitverhältnisse in Österreich und in der Schweiz zum Ausdruck; beispielsweise beträgt das Laufmetergewicht einer Schneebrücke ÖAM 3,0 × 4,0 m für einen Gleitfaktor N=2,0 200 kg und für eine gleiche Brücke mit N=2,5 254 kg.

Abbildung 3

Durchgehende Werkreihe von Stahl-Schneebrücken ÖAM/SF2-16 mit wirksamer Rosthöhe $D_K = 300$ cm (senkrecht zum Hang gemessen) zur Abstützung von lotrecht gemessenen Schneehöhen von bis zu 420 cm in der Lawinerverbauung Gantlauenen II, St. Stephan.

(Photo W. Schwarz)

Abbildung 4

Tribschneewände AIAG (H = 300 cm) in der Lawinerverbauung Syten/Adelboden. Um die Lawinanrißgebiete und dort befindliche Stützverbauungen möglichst von Tribschneemassen zu entlasten, werden in geeignetem luvseitigem Vorgelände Tribschneewände aus Holz, Leichtmetall oder Stahl und von 3 bis 5 m Höhe errichtet und in deren Windschatten der vom Wind mitgeschleppte Schnee zur Ablagerung gezwungen.

(Photo W. Schwarz)

Bei den Werktypen entfallen im BO auf

Schneebrücken	5325 m	71 0/0
Schneerechen	1329 m	18 0/0
Schneehäge	389 m	5 0/0
Schneenetze	462 m	6 0/0
Total	7505 m	100 0/0

In den einzelnen Verbauungen ist die Verteilung nach den einzelnen Werktypen recht unterschiedlich. So weist beispielsweise die Verbauung Wilerhorn einen maximalen Anteil von 78 0/0 an Schneebrücken, die Verbauung Syten einen solchen an Schneerechen von 29 0/0, die Verbauung Schwandegg-Hegern maximale Anteile von Schneenetzen von 21 0/0 und an Schneehägen von 17 0/0 auf. Das Schwergewicht bei den Werktypen liegt eindeutig bei den Schneebrücken, die eine rationelle Serienfabrikation ermöglichen.

Obschon die Schneerechen durch die Richtlinien etwas bevorzugte Dimensionierungsvorschriften erhalten haben und gewisse schneemechanische Vorteile bieten, vermochten sie sich bis heute unter anderem aus fabrikationstechnischen Gründen nicht durchzusetzen. Zur Vereinheitlichung der Werktypen wurde im BO auf ihre Anwendung in den allerletzten Jahren verzichtet.

Die Werkdichte pro Hektare Verbaufäche (Tabelle 3) schwankt in den Verbauungen des BO bei einem Mittel von 446 m zwischen 409 m (Wilerhorn) und 483 m (Tanngrindel). Dabei handelt es sich um Verbauungen mit

Tabelle 3

Verbaufächen, Werkdichte und Kosten pro Hektare (in Mill. Fr.)

Verbauung	Bauzeit	Fläche ha	Werkdichte m/ha	Kosten pro ha					
				Total		Anrißverbau		Stützverbau	
				Fr.	0/0	Fr.	0/0	Fr.	0/0
Wilerhorn	58—67	5,44	409	0,393	190	0,313	151	0,207	100
Tanngrindel	56—67	4,34	483	0,467	177	0,406	154	0,264	100
Schwandegg-H.	55—67	3,10	476	0,268	139	0,241	125	0,193	100
Bannwald	56—67	1,00	419	0,501	189	0,410	155	0,265	100
Syten	56—67	1,22	421	0,304	128	0,273	115	0,237	100
Gantlauenen	63—67	1,80	446	0,422	174	0,339	140	0,242	100
Total		16,90	446	0,392	172	0,329	144	0,228	100

meist aufgelöst/unterbrochener, aufgelöst/kombinierter und nur ausnahmsweise mit durchgehender Verbauweise.

Für die Verbauung Tanngrindel ergibt sich nach Abzug von Zusatzwerken in den Randzonen eine effektive Verbaudichte von 475 m/ha.

Für die gleiche Verbauung ergeben sich nach Umrechnung über die Mittelwerte der Rosthöhen, der Hangneigung und der Werklängen folgende Werte der Verbaudichte bei

- aufgelöst unterbrochener Verbauweise 415 m/ha
- durchgehender Verbauweise 575 m/ha.

Durch eine Kombination von aufgelöst unterbrochener und durchgehender Verbauweise ist somit unter maßgeblicher Berücksichtigung der örtlichen Geländegegebenheiten eine Einsparung von rund 20% an Laufmetern Stützwerken gegenüber der durchgehenden Verbauweise erzielbar.

Tabelle 4
Laufmeterkosten

Verbauung	Bauzeit	Total Laufmeter m	Kosten pro Laufmeter		
			Total	Anrißverbau	Stützverbau
			Fr.	Fr.	Fr.
Wilerhorn	58–67	2286 *	935.—	745.—	493.—
Tanngrindel	56–67	2098	966.—	838.—	546.—
Schwandegg-H.	55–67	1477	562.—	506.—	406.—
Bannwald	56–67	419	1196.—	979.—	632.—
Syten	56–67	514	722.—	648.—	562.—
Gantlauenen	63–67	802	947.—	760.—	543.—
Total		7596 *	872.—	732.—	508.—

* Inklusive 62 m Leitwände OeAM.

Die Verbauungskosten pro Hektare und Laufmeter (Tabellen 3 und 4) sind nach Abzug der Materialvorräte errechnet worden. Die Totalkosten umfassen sämtliche Aufwendungen für Kulturen inklusive Bermentritte, Terrainverbauungen (Trockenmauern), Einfriedungen, Wegsame, Stütz-, Verwehungs- und Bremsverbauungen, spezielle Maßnahmen (Betonmauern in Randzonen, Gleitschutzbrücken), Materialtransporte und Verschiedenes (Fürsorge, Unterkunft, Projekt, Bauleitung usw.). Bei den Kosten für den Anrißverbau entfallen von den genannten Arbeitsgattungen die Aufwendungen für Kulturen, Einfriedungen, Bremsverbau, Wegsame und Ver-

schiedenes; bei den Kosten für den Stützverbau sind im weitem weggelassen die Beträge für Terrainverbauungen, Verwehungsverbauungen, spezielle Maßnahmen, Materialtransporte sowie die Räumungsarbeiten (Entfernen von losem Felsmaterial, Verräumen von überschüssigem Fundament-Aus-hubmaterial).

Setzt man die Kosten für den Stützverbau pro Hektare oder pro Laufmeter gleich 100%, dann betragen die Kosten für den Anrißverbau 115 bis 155% und die Totalkosten 128–190% der Kosten für den reinen Stützverbau. Nach diesen Zahlen zeichnet sich ab, daß die Stützverbauungen vom Bannwald, Tanngrindel und Wilerhorn durch weitere kostspielige und umfangreiche Maßnahmen in der Anrißzone wie beispielsweise durch Verwehungsverbauungen, Trennmauern in den Verbauungsrandzonen, Trockenmauern usw. ergänzt sind.

Die kleinsten Werte pro Hektare und Laufmeter weist durchweg die Verbauung Schwandegg-Hegern auf. Der große Anteil von 21% der gestehungsmäßig billigen Schneenetze, das geringe Transportvolumen pro Laufmeter Stützwerke, die günstige Transportlage der Verbauung entlang der Niesenbahn, das Fehlen von größeren Verwehungsverbauungen und von speziellen Maßnahmen sowie das Vorwiegen von Werken mit kleinern Rosthöhen ergeben diese günstigen Werte.

Die durchschnittlichen Kosten pro Laufmeter Stützverbau erreichen in der Verbauung Bannwald mit Fr. 632.— das Maximum; dieser Wert ist einerseits durch den hohen Anteil von 50% der großen Schneebrücken mit wirksamen Rosthöhen von 350 und 400 cm an der Gesamtzahl der Stützwerke, andererseits durch den hohen Betonbedarf pro Fundament von $0,475 \text{ m}^3$ sowie das Fehlen von Schneenetzen bedingt.

In der Verbauung Syten mit einem Anteil von 95% an Werken mit Fertigfundamenten und von 76% an Werken aus Al-Verbindungen wird bei einer mittleren wirksamen Rosthöhe von weniger als 300 cm ein Laufmeterpreis von Fr. 562.— ermittelt. Dieser Laufmeterpreis muß allerdings auf rund 540 Franken reduziert werden, wenn ein nachträglicher Umbau der Al-Schneebrücken mit Gleitlagern zu den Trägerfundamenten auf solche mit starrer Verbindung zwischen Tragkonstruktion und Fundament berücksichtigt wird.

In der Tabelle 5 «Transportziffern und Betonverbrauch» geben die Kosten pro Tonne die Transportkosten vom Bahnhof Talstation bis zum Werkstandort in der Verbauung an. In diesen Transportkosten sind unter anderem enthalten: die Anschaffung und Einrichtung von kompletten Seilkrananlagen (Wilerhorn, Tanngrindel, Gantlauenen) und von Seilwinden (Wilerhorn, Tanngrindel, Gantlauenen, Syten), die Miete von entsprechenden Anlagen (Bannwald und teilweise Schwandegg-Hegern), deren Betrieb und Unterhalt oder der Akkordpreis pro Tonne Transportgewicht (teilweise Schwandegg-Hegern).

Tabelle 5

Transportziffern und Betonverbrauch

Verbauung	Bauzeit	Transportmenge t	Kosten pro Tonne Fr.	Anteil Trspt- an Total- kosten %	Transport- menge pro m ¹	Beton- verbrauch pro Funda- ment m ³
Wilerhorn	59—67	3705	109.—	18,8	1,62	0,463
Tanngrindel	56—67	2192	145.—	14,9	1,04	0,236
Schwandegg-H.	55—67	1181	94.—	13,4	0,80	0,313
Bannwald	56—67	455	180.—	16,3	1,08	0,475
Syten	56—67	125	200.—	6,7	0,24	—
Gantlauenen	62—67	1053	163.—	22,6	1,31	0,399
Total		8711	128.—	16,8	1,15	0,412

Bei den Transportkosten pro Tonne stellt die Verbauung Schwandegg-Hegern einen Spezialfall dar, indem der relativ geringe Preis von Fr. 94.— durch die unmittelbare Nähe der Niesenbahn bedingt ist. Bei den übrigen Verbauungen schwankt der Transportpreis zwischen Fr. 200.— und Fr. 109.— und nimmt um so mehr ab, je größer die Transportmenge ist.

In der Transportmenge pro Laufmeter Stützverbauung sind auch alle weiteren Transporte wie für Verwehungsverbauungen, spezielle Maßnahmen, Hüttenbau usw. enthalten. Die kleinste Transportmenge/Laufmeter hat die Verbauung Syten mit dem großen Anteil von 76% an Werken aus Al-Verbindungen und mit Fertigfundamenten (nur Ausgleichsbeton unter Fertigfundamente!) zu verzeichnen. Die Transportmenge/Laufmeter in den andern Verbauungen seien stichwortartig erklärt: Schwandegg-Hegern 0,8 t/m, großer Anteil von 21% an Schneesetzen; Tanngrindel 1,03 t/m, kleiner Betonverbrauch pro Fundament, Anteil der Al-Werke 55%; Bannwald 1,08 t/m, 30% Al-Werke; Gantlauenen 1,31 t/m, Stahlwerke 88% und relativ großer Betonverbrauch; Wilerhorn 1,62 t/m, großer Betonverbrauch und Anteil von 93% an Stahl- und Stahl/Holzwerken.

Die Anteile der Transport- an den Gesamtkosten schwanken sehr stark zwischen rund 7 und 23%. Die Verbauung Syten mit vorwiegend Al-Werken und Werken mit Fertigfundamenten sowie der einfachen Seilanlage von der Talstraße ab 1700 bis auf 1900 m ü. M. stellt auch hier mit einem Anteil von nur 7% einen Sonderfall dar. Der höchste Anteil von rund 23% bei der Verbauung Gantlauenen ist namentlich bedingt durch das ungünstige Verhältnis vom Wert der angeschafften Seilkrananlage W 30 und einer

Winde zum Seitwärtstransport von rund 65 000 Franken zur transportierten Menge von nur 1053 t.

Die Betonkubatur pro Fundament bezieht sich nur auf Schneebrücken und -rechen; die Fundamente von Schneenetzen und Schneehägen sind nicht berücksichtigt. Die Betonkubaturen pro Fundament sind mit rund $0,47 \text{ m}^3$ in den Verbauungen Bannwald und Wilerhorn mit oberflächlich stark verwittertem Fels oder mit größerer Erdauflage auf dem Fels am größten; fester, geschichteter und vielfach anstehender Fels in der Verbauung Tanngrindel ergaben einen durchschnittlichen Betonverbrauch von nur $0,24 \text{ m}^3$ pro Fundament.

Neben den zum allergrößten Teil am Werkstandort hergestellten Betonfundamenten wurden bei $10,6\% = 797 \text{ m}$ aller Werke fabrikmäßig erzeugte und an der Baustelle eingegrabene Fertigfundamente zur Fundation der Stützverbauungen verwendet. Den größten Anteil an Werken mit Fertigfundamenten weist mit 461 m^1 oder 90% die Verbauung Syten/Adelboden auf.

Tabelle 6

Massive Bauten und Gleitschutzmaßnahmen im Anrißgebiet, Verwehungsverbauungen sowie Bauten in der Sturzbahn und im Ablagerungsgebiet von Lawinen

Bautyp	CH 1939–66	BO 1951–67	Bautyp	CH 1939–66	BO 1951–67
Mauern und Mauerterrassen	16 159	1 665 m	Ablenkwerke	2 528 m	62 m
Erdterrassen und -bermen	15 223	1 731 m	Betonmauern in Randzonen	—	174 m
Bermentritte	—	10 700 m	Bremsverbauungen	$17 265 \text{ m}^3$	9819 m^3
Gleitschutzbrücken	—	154 m	Fangwerke	360 m	246 m
Treibschneewände	2 671	311 m	Spaltkeile, Ebenhöch	61 St.	1 St.
Kolktafeln	443	96 St.	Lawinengalerien	3 962 m	—
Düsendächer	50	1 St.	Lawinenschutzräume	6 St.	6 St.

In einem einzigen Fall (Wilerhorn/Brienzwiler) wurde in der Lawinenabsturzbahn auf einer lokalen Abflachung auf 1400 m Höhe zur Ergänzung der Stützverbauungen eine Bremsverbauung aus 23 Erdhöckern von bis 6 m Höhe und einem Inhalt von 9800 m^3 geschüttet zwecks Verminderung der Lawinengeschwindigkeit und Vernichtung von Lawinenenergie. Talwärts wurde dieser Bremsverbau durch einen 246 m langen Auffangdamm abgeriegelt. Die vielen Lawinenniedergänge seit Erstellung der Bremsverbauung im Jahre 1958 haben gezeigt, daß Fließlawinen weitgehend abgefan-

gen werden können, daß aber die Wirkung solcher Verbauungen auf Staublawinen eine sehr beschränkte ist.

Direktschutzbauten im Auslaufgebiet von Lawinen in Form von Spaltkeilen und Lawinenschutzräumen wurden im Gebiet von Gadmen und Stechelberg erstellt, wo Stützverbauungen vor allem wegen der großen Ausdehnung der Anrißgebiete oder wegen der Besiedlungsweise nicht möglich sind.

Vergleicht man den Anteil des BO von rund 14% an der Gesamtfläche des schweizerischen Alpengebietes mit dem Anteil von 7% des BO an den Gesamtaufwendungen der Schweiz für Verbau- und Aufforstungsprojekte im Alpengebiet für die Zeit von 1956–1967, dann muß dieser Aufwand eher als bescheiden bezeichnet werden.

Die Schäden vom vergangenen Lawinenwinter 1967/68 sind nach ersten Erhebungen zahlreich. Durch etwa 70 Schadenlawinen wurden 7 Häuser, 40 Scheunen mit Ställen und Alphütten, 15 andere Gebäude stark beschädigt oder zerstört, Schutzwald mit einem Vorrat von rund 5000 m³ geworfen sowie über 20 Verkehrsunterbrüche bei Bahnen infolge Lawinenverschüttung der Geleiseanlagen verursacht.

Diese Zahlen zeigen eindringlich, daß mit den Anstrengungen im Lawinenverbau des BO nicht nachgelassen werden darf.

Literaturverzeichnis

Lawinenverbau im Anbruchgebiet, Richtlinien für den permanenten Stützverbau (herausgegeben 1961 durch die Eidg. Inspektion für Forstwesen, Bern)

Kommentar zu den Richtlinien für den permanenten Stützverbau vom Februar 1961 (Mitteilungen des Eidg. Institutes für Schnee- und Lawinenforschung, Weißfluhjoch-Davos, Mai 1963, Nr. 19)

Aus der Tätigkeit der Eidg. Inspektion für Forstwesen, Jagd und Fischerei 1939–63 (herausgegeben 1965 durch die Eidg. Inspektion für Forstwesen, 3000 Bern 23)