

# Richtlinie über die Typenprüfung von Schutznetzen gegen Steinschlag



Bundesamt für Umwelt, Wald und  
Landschaft (BUWAL)



**Richtlinie über  
die Typenprüfung  
von Schutznetzen  
gegen Steinschlag**

Autor: Werner Gerber

**Herausgegeben vom Bundesamt  
für Umwelt, Wald und Landschaft  
(BUWAL) und der Eidgenössischen  
Forschungsanstalt WSL  
Bern, 2001**

### **Rechtlicher Stellenwert dieser Publikation**

Diese Publikation ist eine Vollzugshilfe des BUWAL als Aufsichtsbehörde und richtet sich primär an die Vollzugsbehörden. Sie konkretisiert unbestimmte Rechtsbegriffe von Gesetzen und Verordnungen und soll eine einheitliche Vollzugspraxis ermöglichen. Das BUWAL veröffentlicht solche Vollzugshilfen (oft auch als Richtlinien, Wegleitungen, Empfehlungen, Handbücher, Praxishilfen u.ä. bezeichnet) in seiner Reihe «Vollzug Umwelt». Die Vollzugshilfen gewährleisten einerseits ein grosses Mass an Rechtsgleichheit und Rechtssicherheit; andererseits ermöglichen sie im Einzelfall flexible und angepasste Lösungen. Berücksichtigen die Vollzugsbehörden diese Vollzugshilfen, so können sie davon ausgehen, dass sie das Bundesrecht rechtskonform vollziehen. Andere Lösungen sind nicht ausgeschlossen; gemäss Gerichtspraxis muss jedoch nachgewiesen werden, dass sie rechtskonform sind.

### **Herausgeber**

Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL)  
Eidgenössische Forschungsanstalt WSL

### **Auftraggeber**

Eidgenössische Expertenkommission für Lawinen und Steinschlag (EKLS)

### **Autor**

Werner Gerber, Eidgenössische Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf

### **Zitierung**

GERBER, W. 2001: Richtlinie über die Typenprüfung von Schutznetzen gegen Steinschlag. Vollzug Umwelt. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), Eidgenössische Forschungsanstalt WSL. Bern, 39 Seiten.

### **Begleitung BUWAL**

Reto Baumann, Eidg. Forstdirektion, Bern

### **Mitarbeiter der Arbeitsgruppe**

R. Baumann, Präsident EKLS, Eidg. Forstdirektion, BUWAL, 3003 Bern  
H. Buri, Mitglied EKLS, Amt für Wald des Kantons Bern (KAWA), Schloss 5, 3800 Interlaken  
W. Gerber, Mitglied EKLS, Abt. Wasser-, Erd- und Felsbewegungen, WSL, 8903 Birmensdorf  
B. Haller, GEOBRUGG Fatzer AG, Salmsacherstr. 9, 8590 Romanshorn  
R. Honegger, Mitglied EKLS, Sektion SBB, Bundesamt für Verkehr (BAV), 3003 Bern  
R. Kaufmann, Mitglied EKLS, Strasseninspektorat OW, 6061 Sarnen  
R. Testi, Isofer AG, Industriequartier, 8934 Knonau  
M. Toniolo, Isofer AG, Industriequartier, 8934 Knonau  
S. Wartmann, GEOBRUGG Fatzer AG, Salmsacherstr. 9, 8590 Romanshorn

### **Gestaltung**

Ursula Nöthiger-Koch, 4813 Uerkheim

### **Titelblatt**

Versuchsanlage Walenstadt mit Kran und Schutznetzen

### **Bezug**

BUWAL  
Dokumentation  
CH-3003 Bern  
Fax: +41 (0) 31 324 02 16  
E-Mail: [docu@buwal.admin.ch](mailto:docu@buwal.admin.ch)  
Internet: [www.buwalshop.ch](http://www.buwalshop.ch)

### **Bestellnummer**

VU-7509-D

© BUWAL 2001

# Inhaltsverzeichnis

<b>Abstracts</b>	<b>5</b>	<b>6 Typenprüfung</b>	<b>23</b>
<b>Vorwort</b>	<b>7</b>	6.1 Administrativer Ablauf	23
<b>1 Einleitung</b>	<b>9</b>	6.2 Anforderungen an die Schutznetze	24
<b>2 Zweck der Richtlinie</b>	<b>10</b>	6.2.1 Grundsätze	24
<b>3 Abgrenzung</b>	<b>11</b>	6.3 Testanlage Walenstadt	25
3.1 Gültigkeitsbereich	11	6.3.1 Geographische Lage	25
3.2 Andere Schutzmassnahmen	11	6.3.2 Montage der Schutznetze	25
3.3 Andere Normen und Richtlinien	12	6.4 Prüfungen im einzelnen	26
<b>4 Aufgaben der beteiligten Fachleute</b>	<b>13</b>	6.4.1 Vorprüfungen a) mit kleinen Energien: (Randfeld)	27
4.1 Allgemeines	13	6.4.2 Vorprüfung b) mit Energie 50%: (Mittelfeld)	27
4.2 Bauherr	13	6.4.3 Hauptprüfung c) mit Energie 100%: (Mittelfeld)	28
4.3 Sachverständiger	13	6.4.4 Beurteilung d) des Schutznetzes nach speziellen Kriterien	28
4.4 Projektverfasser	14	6.5 Prüfbericht	31
4.5 Lieferant	14	6.6 Kosten der Prüfung	31
4.6 Bauunternehmer	14	<b>7 Foundation</b>	<b>32</b>
4.7 Behörden	15	7.1 Anforderungen	32
4.8 Kommission und Forschungsanstalt	15	7.2 Foundations- und Ankertypen	32
<b>5 Definitionen und Bezeichnungen</b>	<b>16</b>	7.2.1 Fundamente der Stützen	32
5.1 Organisationen	16	7.2.2 Verankerung der Seile	32
5.2 Definitionen allgemein zu Steinschlag	16	7.3 Bemessung der Foundationen und Anker	33
5.3 Definitionen zu Schutznetzen	17	7.3.1 Sicherheitsfaktor	33
5.4 Definitionen zum Prüfungsablauf	20	7.3.2 Tragsicherheit und Gebrauchstauglichkeit	33
5.5 Bezeichnungen	22	7.4 Ankermörtel	34
		7.4.1 Grundsätzliches	34
		7.4.2 Eignungsprüfung	34
		7.4.3 Prüfung der Konformität	34
		<b>8 Inkrafttreten</b>	<b>36</b>
		<b>9 Übergangsbestimmungen</b>	<b>37</b>
		<b>Verzeichnisse</b>	<b>39</b>
		Abbildungen	39
		Tabellen	39



# Abstracts

Keywords:  
approval, rockfall, protective nets, guideline, natural hazard, rockfall protection kit

For protective nets against rockfall to be compared objectively, they must be subjected to the crash test. The present guideline specifies the procedure for the approval and describes the test criteria, the testing methods and requirements which must be met by the nets. It is an aid to clients, authors of projects, suppliers and producers of protective nets, building contractors and authorities.

Stichwörter:  
Typenprüfung, Steinschlag, Schutznetze, Richtlinie, Naturgefahr

Um Schutznetze gegen Steinschlag objektiv vergleichen zu können, müssen sie im Crash-Test überprüft werden. Die vorliegende Richtlinie regelt den Ablauf der Typenprüfung und beschreibt die Prüfkriterien, die Prüfmethode sowie die Anforderungen an die Netze, welche erfüllt sein müssen. Sie ist eine Hilfe für Bauherren, Projektverfasser, Lieferanten bzw. Hersteller von Schutznetzen, Bauunternehmer und Behörden.

Mots-clés:  
Homologation, chute de pierres, filets de protection, directive, danger naturel

Pour que les filets de protection contre les chutes de pierres puissent être comparés de manière objective, il faut qu'ils soient soumis au crash test. La présente directive règle le déroulement de l'homologation et décrit les critères et les méthodes d'examen ainsi que les exigences auxquelles doivent satisfaire les filets. Elle constitue une aide pour les maîtres d'œuvre, les auteurs de projets, les fournisseurs et les fabricants de filets de protection, les entrepreneurs et les autorités.

Parole chiave:  
Procedura di omologazione, caduta di sassi, reti di protezione paramassi, direttiva, pericolo naturale

Per dare una valutazione oggettiva delle reti di protezione paramassi è necessario collaudarle. La presente direttiva regola la procedura di omologazione e descrive i criteri e i metodi di valutazione, nonché le esigenze che tali reti devono soddisfare. La direttiva è destinata ai committenti, ai progettisti, ai fornitori o ai fabbricanti delle reti, alle imprese edilizie e alle autorità.



# Vorwort

Dort wo die Schutzfunktion des Waldes den Sicherheitsanforderungen der modernen Zivilisation nicht (mehr) zu genügen vermag, ist die Technik gefragt. Seit vielen Jahren ergänzen deshalb Schutznetze gegen Steinschlag die Schutzfunktion des Waldes oder ersetzen diese an den Orten, an welchen kein Wald vorhanden ist.

Die Forschung und Entwicklung solcher Netze wurde in den letzten zehn Jahren stark vorangetrieben. In intensiver Zusammenarbeit zwischen der Eidgenössischen Forschungsanstalt WSL und Produzenten wurden neue Schutzsysteme entwickelt. Das Energieaufnahmevermögen als wichtigstes Kriterium für die Netze, konnte um den Faktor 10 gesteigert werden. Dies hatte zur Folge, dass sich die Käufer dieser Schutzsysteme immer wieder mit neuen oder geänderten Produkten konfrontiert sahen. Eine Beurteilung der Wirksamkeit der Netze allein auf der Basis von Werkplänen ist nicht möglich, weil rechnerische Nachweise im Moment noch nicht gemacht werden können. Obwohl einzelne Produzenten Testresultate vorweisen konnten, waren die verschiedenen Werktypen nicht vergleichbar. Eine Verunsicherung der Käufer war die Folge. Umfragen in den Jahren 1997 und 1998 bei Experten zeigten einen dringenden Handlungsbedarf. Eine neutrale und objektive Prüfung der Schutznetze wurde gefordert.

Nachdem Abklärungen die Machbarkeit gezeigt hatten, konnte anfangs 1999 mit der Entwicklung der Typenprüfung begonnen werden. Unter Beteiligung der Industrie, der Forschung und verschiedenen Amtsstellen wurde eine strenge aber gerechte Typenprüfung geschaffen. Die zwei Hauptelemente sind die neue Testanlage «Lochezen» in Walenstadt/SG und die vorliegende eidgenössische Richtlinie. Mit der offiziellen Eröffnung dieser ersten europäischen Anlage am 31. Mai 2001 begann gleichzeitig auch der Start der Typenprüfungen.

Die Sicherheitsverantwortlichen der Gemeinden, Kantone, Bahnen und Strassen erhalten damit eine wertvolle Entscheidungshilfe, um bei ihren Steinschlagproblemen die beste Lösung zu finden.

Bei der Entwicklung der Typenprüfung mussten sich konkurrenzierende Firmen und viele kantonale und eidgenössische Stellen eng zusammenarbeiten; ein Unterfangen das nicht leicht war. Entstanden ist ein Produkt, das einen wichtigen Baustein in der Naturgefahrenprävention darstellt und die Schutzfunktion des Waldes optimal ergänzen kann. Wir danken der Arbeitsgruppe, welche diese Richtlinie realisiert hat, für ihr Engagement und ihre Ausdauer.

BUWAL Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft	WSL Eidg. Forschungsanstalt Bereich Naturgefahren	EKLS Eidg. Expertenkommission Lawinen und Steinschlag
<i>Der Eidg. Forstdirektor: W. Schärer</i>	<i>Der Bereichsleiter: W. Ammann</i>	<i>Der Präsident: R. Baumann</i>



# 1 Einleitung

Die Bedeutung des Steinschlagschutzes nimmt in der Schweiz momentan stark zu. In den letzten Jahren sind vermehrt Schutznetze gegen Stein- und Blockschlag entlang von Verkehrsachsen und zum Schutze von Siedlungen errichtet worden. Gleichzeitig fand bei diesen Schutzmassnahmen eine markante technische Entwicklung statt. Das Vermögen, Energie abzubauen, konnte um mehr als das Zehnfache gesteigert werden. Qualität und Leistung der verschiedenen auf dem Markt angebotenen Produkte können aber nur schwer beurteilt und verglichen werden. Berechnungen wie bei den Lawinenverbauungen sind heute nicht möglich. Die verantwortlichen Behörden und Sachverständigen mussten in dieser Situation über den Einsatz von Schutznetzen entscheiden, bei denen sie nicht genau wussten, was sie einkauften. Mit der Einführung einer Typenprüfung, bei der die verschiedenen Produkte einem strengen Feldtest unterzogen werden, kann den Verantwortlichen eine wichtige Entscheidungsgrundlage zur Verfügung gestellt werden. Die verschiedenen Produkte werden vergleichbar. Die mit der Prüfung beauftragten Institutionen garantieren eine objektive und unabhängige Beurteilung.

Die vorliegende Richtlinie definiert einen standardisierten Prüfungsablauf. Sie setzt auch Grenzwerte fest, welche von den geprüften Produkten erfüllt werden müssen. Die Richtlinie geht aber auch über den Kern der Typenprüfung hinaus und enthält einige Erläuterungen, die in engem Zusammenhang mit der Typenprüfung stehen. Damit soll die Verständlichkeit gesteigert und der Bezug zum Umfeld hergestellt werden.

Die Richtlinien werden gestützt auf Artikel 39 Absatz 3 der Waldverordnung erlassen. Sie dienen der einheitlichen Rechtsanwendung und Auslegung des Art. 39 WaV. Die Vollzugsbehörden, die sich an die Vollzugshilfen halten, haben die Gewissheit, sich vorschriftgemäss zu verhalten. Weichen sie dagegen davon ab, so tragen sie das Risiko, dass ihnen der Nachweis gegenüber den Bundesbehörden nicht gelingt, mit der getroffenen Lösung einen rechtskonformen Vollzug gewählt zu haben.

Das Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft führt eine Liste mit den zugelassenen Netzen. Diese Typenliste wird laufend aktualisiert und unter folgender Adresse publiziert: <http://www.buwal.ch/forst/sn/d/typenliste.htm>

## 2 Zweck der Richtlinie

Die Auswirkungen von Steinschlägen auf Schutznetze sind vielfältig. Es treten oft unbekannte Faktoren auf, die trotz sorgfältiger Beobachtungen und Messungen nie ganz zu eliminieren sind. Der Anwender der Richtlinie muss wissen, dass dies an ihn grosse Anforderungen stellt.

Die Richtlinie soll folgende übergeordnete Ziele erfüllen:

- Regelung des Ablaufs der Typenprüfung.
- Eine Grundlage liefern, die einen objektiven Vergleich verschiedener Schutznetze der selben Energieklasse zulässt.
- Verbesserung der Wirkung von Schutznetzen.
- Hilfestellung für die Verantwortlichen bei Projektierung, Bau und Unterhalt von Schutzmassnahmen.
- Voraussetzungen für die Subventionierung von Schutznetzen zu schaffen.

Im speziellen ergänzt die Richtlinie die Norm SIA 160 «Einwirkungen auf Tragwerke» sowie die Richtlinie «Einwirkungen auf Steinschlagschutzgalerien» des ASTRA/SBB Ausgabe 1998.

# 3 Abgrenzung

## 3.1 Gültigkeitsbereich

Die vorliegende Richtlinie bezieht sich nur auf Schutzmassnahmen aus Netzen, die für die Aufnahme von Steinschlag/Blockschlag konzipiert sind. Sie sind dem aktiven Steinschlagschutz zuzuordnen.

Zu schützende Objekte können Strassen, Bahnlinien, Wege, Gebäude, Infrastrukturanlagen etc. sein. Daraus ist ersichtlich, dass vor allem die öffentliche Hand als Anwender in Frage kommt. Daneben können aber auch Eigentümer und Nutznießer von gefährdeten Anlagen von dieser Problematik betroffen sein.

Die Typenprüfung ist für Schutznetze vorgesehen, die in der Schweiz erstellt und durch die öffentliche Hand subventioniert werden.

## 3.2 Andere Schutzmassnahmen

Je nach den örtlichen Begebenheiten, dem Gefährdungsgrad und der zu erwartenden Ereignisse können auch andere Massnahmen zum aktiven Schutz vor Steinschlag angewendet werden.

Diese können unter anderem sein:

- Zäune aus Maschendraht
- Palisaden aus Holz oder Stahl
- Mauern aus Steinen
- Dämme aus Erdmaterial
- Galerien aus Beton
- Tunnel

Im weiteren sind auch Warnsysteme verschiedenster Art eine Möglichkeit, Schutz vor Steinschlag zu gewähren. Diese anderen Schutzmassnahmen sind nicht Gegenstand der Typenprüfung.

### 3.3 Andere Normen und Richtlinien

- SIA Norm 118 Allgemeine Bedingungen für Bauarbeiten
- SIA Norm 160 Einwirkungen auf Tragwerke
- SIA Norm 161 Stahlbauten
- SIA Norm 162 Betonbauten
- SIA Norm 191 Vorgespannte Boden- und Felsanker
- SIA Norm 191/1 Ungespannte Boden- und Felsanker
- ASTRA Richtlinie Boden- und Felsanker
- Richtlinien für den Lawinenverbau im Anbruchgebiet, Ausgabe 1990 und Ergänzung 2000, BUWAL und WSL
- Richtlinie für die Verwendung von Ankermörtel im Lawinenverbau, Ausgabe 1993, BUWAL und WSL
- Richtlinie «Einwirkungen auf Steinschlagschutzgalerien», Ausgabe 1998 von ASTRA und SBB
- Dokumentation «Planung, Bau und Unterhalt von Schutzgalerien gegen Stein- schlag- und Lawineneinwirkungen», Ausgabe 1998 von ASTRA und SBB
- AFNOR, Französische Norm, «Schutzausrüstungen gegen Felsstürze, Netzab- deckungen», Ausgabe 1996
- GEAM, Italienische Richtlinie für die Klassifizierung und die Technische Ab- nahme von Steinschlagschutzbauten mit Netzen (Entwurf)

Im weiteren haben die entsprechenden Normen für die verwendeten Materialien, deren Behandlung sowie der Arbeitsgattungen (insbesondere der Verankerungen) Gültigkeit.

SIA, V104/2-5, Empfehlung Ausgabe 1999 (Arbeitsdokument in verlängerter Ver- nehmlassung): Hilfsmittel für Ausschreibungen und Offertstellungen in den Berei- chen Wald und Naturgefahren.

# 4 Aufgaben der beteiligten Fachleute

## 4.1 Allgemeines

Steinschlagereignisse können das Ergebnis eines natürlichen Erosionsprozesses (Frost/Tauperioden, Wurzeldruck etc.) sein oder als Folge von Erschütterungen (Erdbeben, Sprengungen) auftreten. Allen gemeinsam ist in vielen Fällen die Unberechenbarkeit punkto Zeitpunkt, Ort und Ereignisgrösse. Die optimale Massnahme zu wählen zwischen sporadischer bis kontinuierlicher Überwachung, Alarmsystemen, Schutznetzen, Palisaden, Dämmen, Galerien ist die Aufgabe aller Beteiligten. Die Massnahmenkonzepte sollen eine integrale und umfassende Problemlösung ermöglichen. In der Regel ist ein mehrstufiges Verfahren nötig.

Auf Stufe Vorstudie ist noch die gesamte Massnahmenpalette (Varianten) zu behandeln. Auf Stufe Vorprojekt, Detailprojekt erfolgt die Behandlung und Konkretisierung eines Massnahmenkonzeptes.

## 4.2 Bauherr

Der Bauherr legt die Schutzziele und die Nutzung fest, d.h. er liefert die Grundlagen für den Nutzungsplan. Er passt sie allenfalls aufgrund des vom Projektverfasser und den Behörden bestimmten Konzeptes an die technisch und wirtschaftlich verfügbaren Mittel an. Er ist für die Beschaffung der erforderlichen Unterlagen besorgt.

## 4.3 Sachverständiger

Der Sachverständige berät den Bauherrn bezüglich der Risiken von Stein- und Blockschlag. Er beurteilt mögliche Prozesse und Folgewirkungen. Der Sachverständige definiert den Prozessraum und zeigt die Reichweiten, Massen, Geschwindigkeiten, Energien, Sprunghöhen, Sprungweiten von möglichen Ereignissen auf. Er schätzt die Wahrscheinlichkeit bzw. die allfällig bestimmbare Wiederkehrdauer der verschiedenen Ereignisgrössen. Dazu wird das Schadenpotential bezüglich Sach- und Personenwerten erfasst und das vorhandene Schutzdefizit aufgezeigt. Er berät den Bauherrn über mögliche Schutzbauten und je nach Verhältnissen weist er auf die Restrisiken und die Grenzen der Wirkung von Schutznetzen hin, d.h. er liefert die Grundlagen für den Sicherheitsplan.

#### **4.4 Projektverfasser**

Der Projektverfasser

- bestimmt das Konzept der Massnahmen und berät den Bauherrn mit Unterstützung des Sachverständigen
- orientiert über die notwendigen Anpassungen der Schutzziele und Restrisiken
- erstellt den Nutzungs- und Sicherheitsplan
- begründet den Entscheid für die Wahl eines Steinschlagschutznetzes gegenüber anderen Massnahmen
- bestimmt das definitive Schutznetz
- berechnet die statischen Ersatzlasten aufgrund der Typenprüfung
- führt den Nachweis der Tragsicherheit der Foundationen und Verankerungen und weist die Gebrauchstauglichkeit nach
- ergänzt das Projekt mit begleitenden Massnahmen, wie Aufforstung, Schutzdämme, Blocksprengung, usw.
- stellt die Zugänglichkeit dar
- berät den Bauherrn bei der Erstellung eines Überwachungs- und Unterhaltsplanes
- ermittelt die Kosten für das Projekt und den Unterhalt
- erstellt einen umfassenden Bericht mit der notwendigen Dokumentation

#### **4.5 Lieferant**

Der Lieferant liefert alle benötigten Dokumente für Bau und Unterhalt des offerierten Bauwerkes. Im besonderen nachzuweisen sind:

- Der Bericht der Typenprüfung resp. die Zulassung des Bauwerkes
- Angaben von Foundations- und Ankerkräften
- Prüfatteste der einzelnen Komponenten wie Korrosionsschutz, Zugversuche usw.

#### **4.6 Bauunternehmer**

Die Verantwortlichkeit des Bauunternehmers richtet sich nach SIA-Norm 118.

## **4.7 Behörden**

Die Bundesbehörden erlassen im Rahmen ihres gesetzlichen Auftrages Richtlinien und Empfehlungen. Sie erteilen die Zulassung der geprüften Schutznetze.

Die Kantonsbehörden sind für die Umsetzung der Richtlinien und Empfehlungen sowie die Anwendung der Typenlisten verantwortlich.

Die Kantons- und Bundesbehörden können den Bauherrn beraten und den Projektverfasser unterstützen. Sie vertreten dabei das öffentliche Interesse, insbesondere bei der Festlegung der Schutzziele und des Massnahmenkonzeptes. Sie entscheiden über die Subventionierung von Massnahmen und erteilen die notwendigen Bewilligungen und Genehmigungen.

## **4.8 Kommission und Forschungsanstalt**

Die Eidg. Expertenkommission Lawinen und Steinschlag (EKLS) und die Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL) beraten die Behörden in grundsätzlichen und speziellen Fragen. Sie führen gemeinsam die Typenprüfung für Schutzbauwerke gegen Steinschlag durch (vgl. Administrativer Ablauf).

# 5 Definitionen und Bezeichnungen

## 5.1 Organisationen

ASTRA	Bundesamt für Strassen, Bern
BAV	Bundesamt für Verkehr, Bern
BUWAL	Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern
EKLS	Eidg. Expertenkommission Lawinen und Steinschlag
F+D	Eidg. Forstdirektion, Bern
SLF	Eidg. Institut für Schnee und Lawinenforschung, Davos (Das SLF gehört zur Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf)
UVEK	Eidg. Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation, Bern
WSL	Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf

## 5.2 Definitionen allgemein zu Steinschlag

Steinschlag, Blockschlag	Fallen, Springen und Rollen von einzelnen Steinen ( $\varnothing < 50$ cm) und Blöcken ( $\varnothing > 50$ cm), wobei das Gesamtvolumen kleiner als $100 \text{ m}^3$ ist.
Felssturz	Sturz einer Felsmasse, die während des Sturzes bzw. beim Aufprall in Blöcke und Steine fraktioniert wird, wobei die Interaktion zwischen den Komponenten keinen massgebenden Einfluss auf die Dynamik des Prozesses haben.
Bergsturz	Absturz sehr grosser, im ursprünglichen Felsverband mehr oder weniger kohärenter Felsmassen unter Erreichung hoher Geschwindigkeiten, wobei der Transportmechanismus durch eine starke Wechselwirkung zwischen den Komponenten gekennzeichnet ist.
Aktive Massnahme	Schutzmassnahme, die dem Naturereignis aktiv entgegenwirkt, um die Gefahr zu verringern oder die Eintretenswahrscheinlichkeit wesentlich zu verändern (z.B. Schutznetze, Felsabdeckungen aus Netzen).
Passive Massnahme	Schutzmassnahme, die zu einer Reduktion des Schadens führen soll, ohne den Ablauf des Naturereignisses aktiv zu beeinflussen (z.B. raumplanerische Massnahmen).

Normales Ereignis	Als normales Ereignis wird der Steinschlag bezeichnet, dessen Intensität einer Wiederkehrperiode von etwa 30 Jahren entspricht. Das normale Ereignis wird im allgemeinen definiert aufgrund der beobachteten Blöcke und Spuren im Gelände.
Aussergewöhnliches Ereignis	Das aussergewöhnliche Ereignis beschreibt den extrem seltenen und statistisch schwer erfassbaren Steinschlag mit hoher Intensität.

### 5.3 Definitionen zu Schutznetzen

Diese Definitionen sind bildlich in den Abbildungen 1, 2 und 3 dargestellt.

Schutznetz	Konstruktion bestehend aus eigentlichen Netzen, Stützen und Seilen
Netze	Flächenhaft wirkendes Tragelement. Arten von Netzen: Diagonalseilnetze, orthogonale Netze, Flexnetze, Ringnetze
Tragseile	Tragelement zur Übertragung der Kräfte in die Stützen, Grundplatten und Rückhalteseile.
Stützen	Teil der Tragkonstruktion, der Tragseile und Netze abstützt. Arten von Stützen: Mittelfeldstützen, Randstützen, Hilfsstützen. Materialien: Stahl HEA, HEB, RHS, ROR. Rundholz.
Rückhalteseile	Bergseitige Seile zur Übertragung der Stützenkopfkkräfte in die Verankerungen.
Abspannseile	Seile zur seitlichen Fixierung der Randstütze
Bremselemente	Elemente in Seilen, die Energie aufnehmen können
Grundplatte	Konstruktionsteil zur Befestigung der Stütze und ev. Der unteren Tragseile im Fundament
Geflechtauflage	Bergseitig des Netzes befestigtes Drahtgeflecht
Verankerungen	Tragelement zur Übertragung der Seil- und Stützenkräfte in den Boden. Arten von Verankerungen: Stabanker, Seilanker
Stützenabstand	Abstand zwischen zwei Stützen

Abbildung 1:  
Schematische Ansicht eines rückverankerten Schutznetzes mit Bezeichnung der Tragelemente.

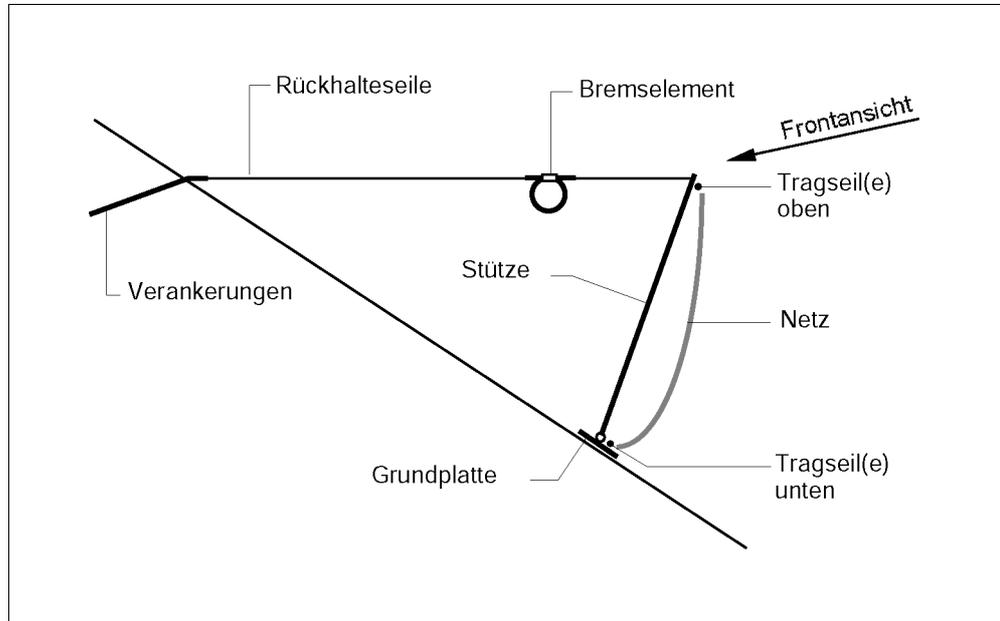
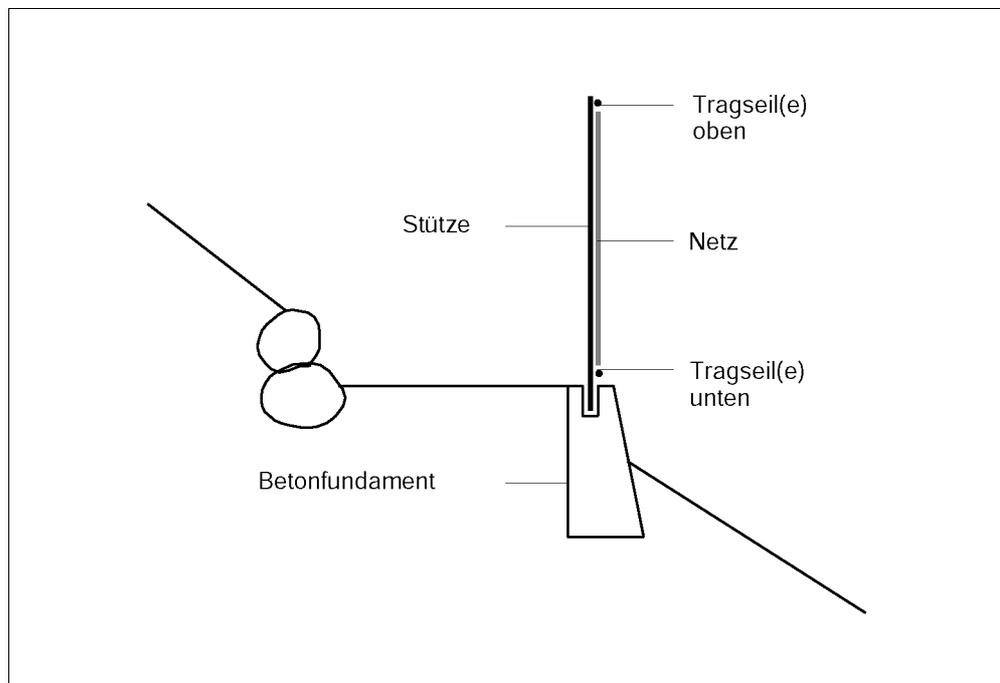


Abbildung 2:  
Schematische Ansicht eines Schutznetzes mit eingespannten Stützen.



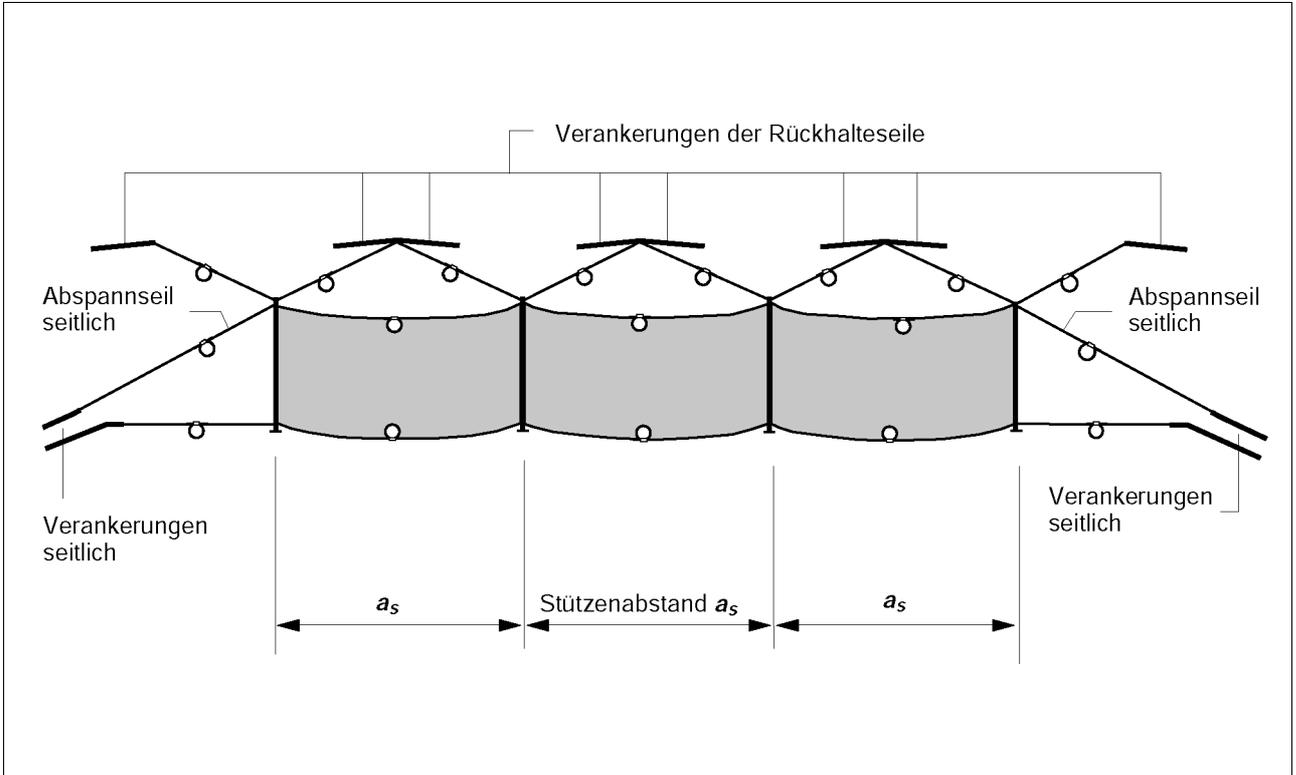


Abbildung 3: Schematische Frontansicht eines rückverankerten Schutznetzes mit Bezeichnung der Tragelemente

## 5.4 Definitionen zum Prüfungsablauf

Auslenkung	Die Auslenkung des Schutznetzes entspricht dem Bremsweg $b_s$ des Wurfkörpers bis zum Umkehrpunkt der Flugbahn (Abbildung 9)
Energieklasse	Einteilung der Schutznetze in 9 Energieklassen im Sinne der Prüfenergie (Tabelle 2)
Prüfenergie	Kinetische Energie des einfallenden Wurfkörpers beim ersten Kontakt mit dem Netz (bei Hauptprüfung c) 100%)
Halbe Prüfenergie	Kinetische Energie des Wurfkörpers beim ersten Kontakt mit dem Netz (bei Teilprüfung b) 50%)
Netzhöhe	Höhe $h_v$ des Netzes vor einer Belastung in Feldmitte rechtwinklig zur Bodenoberfläche gemessen (Abbildung 4)
Restnutzhöhe	Höhe $h_n$ des Netzes nach einer Belastung in Feldmitte rechtwinklig zur Bodenoberfläche gemessen (Abbildung 5)
Wurfkörper	Quaderförmiger Betonblock mit gleichen Seitenlängen $s$ , wobei die Ecken auf einem Drittel der Seitenlänge abgeflacht sind (Abbildung 10)

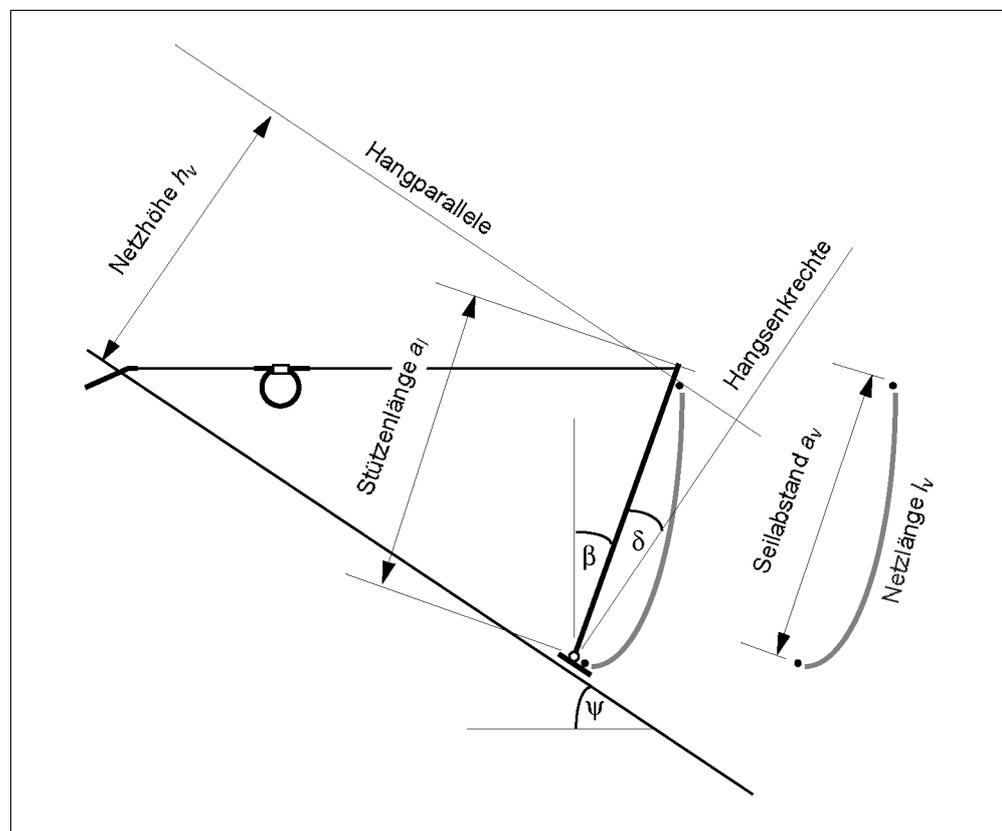


Abbildung 4:  
Bezeichnungen der Winkel und Abmessungen.

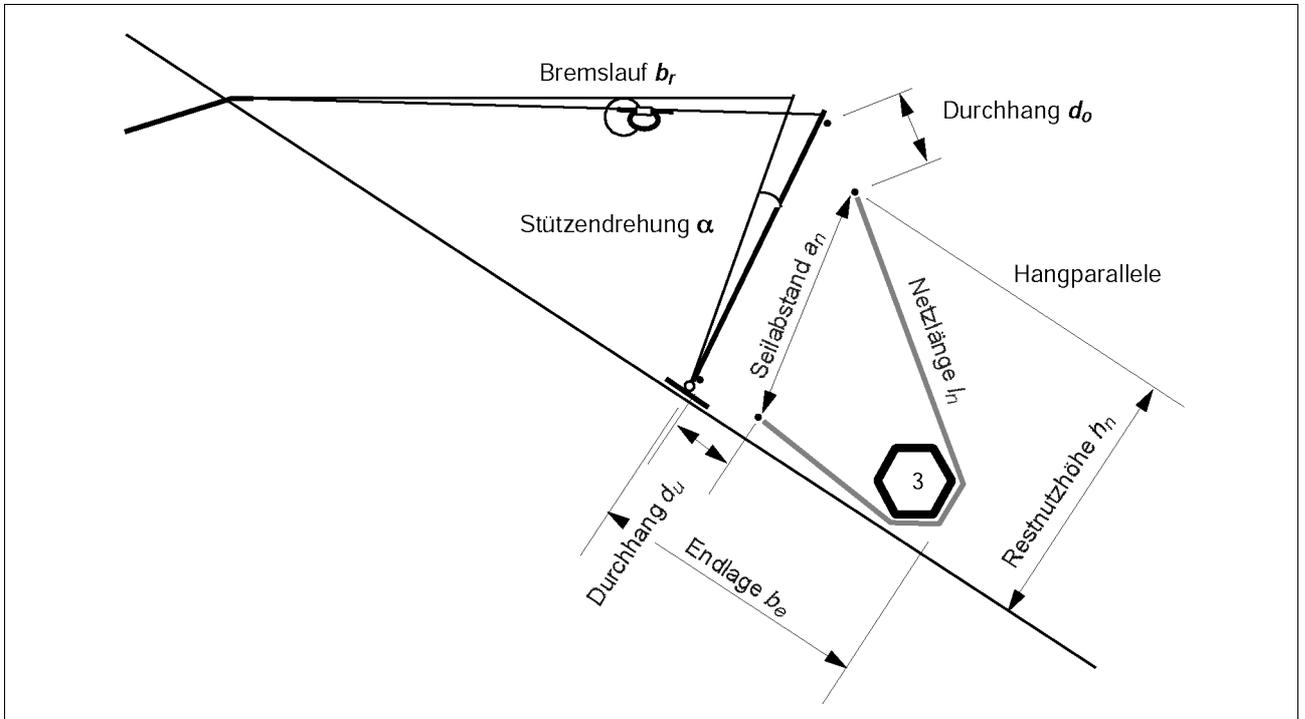


Abbildung 5: Lage der Tragseile nach einer Belastung.

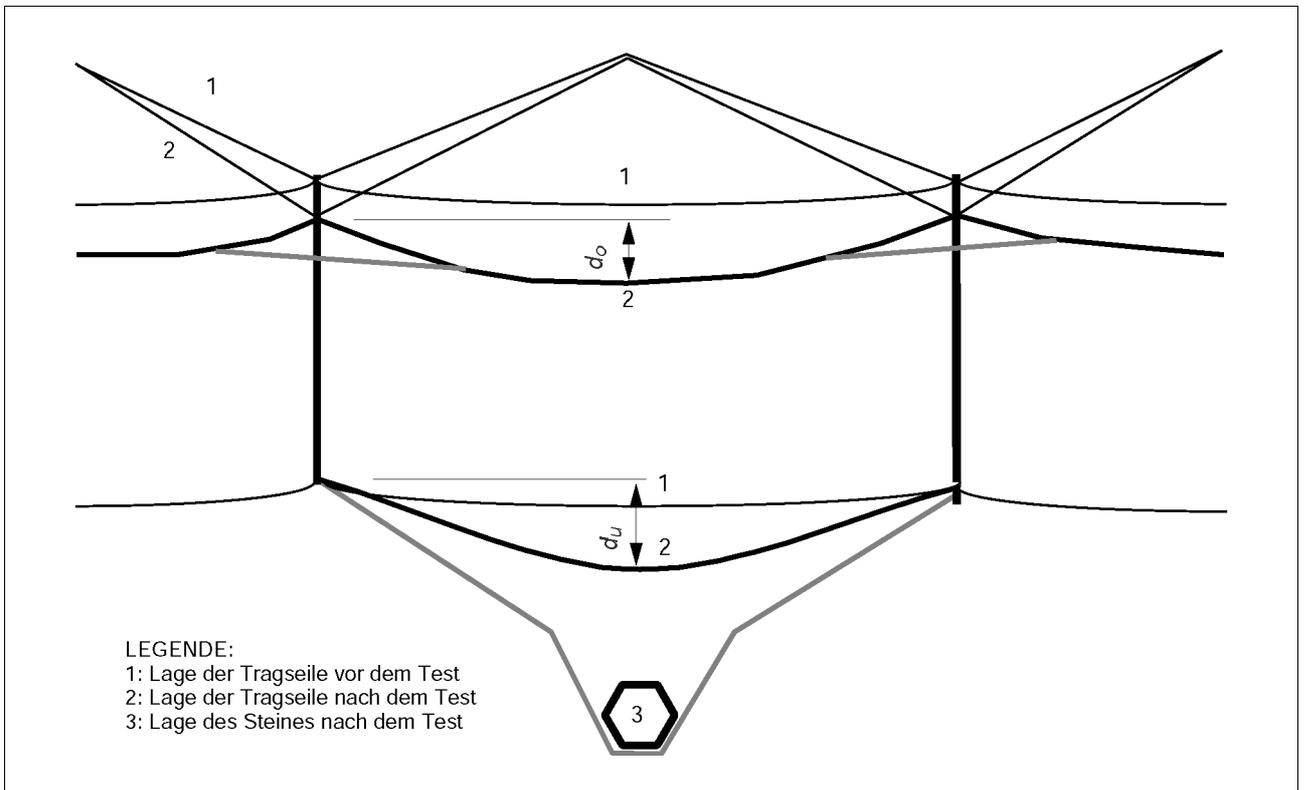


Abbildung 6: Frontansicht der Tragseile im Mittelfeld nach einer Belastung.

## 5.5 Bezeichnungen

Diese Definitionen sind bildlich mehrheitlich in den Abbildungen 4,5 und 6 dargestellt.

$\alpha$	(deg)	Stützendrehung = Differenz der Stützenneigung infolge Belastung
$\beta$	(deg)	Winkel zwischen der Stütze und der Lotrechten
$\delta$	(deg)	Winkel zwischen der Stütze und der Hangsenkrechten
$\psi$	(deg)	Hangneigung
$a_l$	(m)	Stützenlänge
$a_n$	(m)	Seilabstand = Minimaler Abstand der oberen und unteren Tragseile nach Belastung
$a_s$	(m)	Stützenabstand
$a_v$	(m)	Seilabstand = Minimaler Abstand der oberen und unteren Tragseile vor Belastung
$b_e$	(m)	Endlage des Wurfkörpers nach Belastung
$b_r$	(m)	Bremslauf = Längenänderung der Bremsselemente
$b_s$	(m)	Länge des Bremsweges des Wurfkörpers (wird im Videobild gemessen)
$d_o$	(m)	Durchhang des oberen Tragseiles in Feldmitte
$d_u$	(m)	Durchhang des unteren Tragseiles in Feldmitte
$h_n$	(m)	Restnutzhöhe = Netzhöhe nach Belastung
$h_v$	(m)	Netzhöhe vor Belastung in der Hangsenkrechten gemessen
$l_n$	(m)	Netzlänge zwischen dem oberen und unteren Tragseil nach Belastung (in Endlage)
$l_v$	(m)	Netzlänge zwischen dem oberen und unteren Tragseil vor Belastung
$s$	(m)	Kantenlänge des jeweiligen Wurfkörpers
$t_s$	(s)	Bremszeit = Zeitdauer zum zurücklegen des Bremsweges $b_s$

# 6 Typenprüfung

## 6.1 Administrativer Ablauf

Die Administration zur Typenprüfung wird über das BUWAL abgewickelt. Das Bundesamt nimmt die Anmeldung der Hersteller von Schutznetzen entgegen, leitet die Prüfung ein und erstellt auch das Zertifikat für die einzelnen Bauwerke. Die Typenprüfung wird von der Eidg. Expertenkommission Lawinen und Steinschlag und der WSL durchgeführt. Für die Prüfung steht das Testgelände «Steinbruch Lochezen» in Walenstadt SG zur Verfügung. Die Messungen und Beobachtungen während den einzelnen Prüfungen werden von der WSL protokolliert und in einem Bericht dargestellt.

Die einzelnen Arbeitsschritte sind in Tabelle 1 aufgelistet und werden im folgenden detailliert erläutert:

**Tabelle 1:**  
**Administrativer Ablauf in**  
**einzelnen Arbeitsschritten**

	<b>Verantwortliche / Beteiligte</b>	<b>Arbeitsschritte</b>
1	<b>Hersteller; Lieferant</b>	Antrag an BUWAL mit Dokumentation
2	<b>BUWAL / F+D</b>	Registratur, Eingangsbestätigung, Orientierung über Kosten
3	<b>WSL</b>	Sichtung der Unterlagen, Organisation der Versuche
4	<b>Hersteller; Lieferant</b>	Bezahlung des Depots
5	<b>WSL, Hersteller, Delegation EKLS</b>	Durchführung der Versuche
6	<b>WSL, Delegation EKLS</b>	Prüfbericht zHd EKLS
7	<b>EKLS</b>	Gesamtbeurteilung ja/nein, Antrag an BUWAL, Kurzmittteilung an Hersteller innert 6 Wochen nach Test
8	<b>BUWAL / F+D; Hersteller; Lieferant</b>	Endabrechnung mit Hersteller; Lieferant
9	<b>BUWAL / F+D</b>	Zustellung Zertifikat und Prüfbericht, jeweils Anfangs Juni resp. Ende Oktober

- Zu 1: Der Hersteller resp. Lieferant eines Schutznetzes sendet einen Antrag zur Typenprüfung an das BUWAL. Gleichzeitig liefert er eine Dokumentation mit allen notwendigen Konstruktionsplänen und Detailzeichnungen, alle Angaben und Spezifikationen zu den verwendeten Materialien, insbesondere die Kraft/Weg- Diagramme der Bremsselemente ab.
- Zu 2: Das BUWAL registriert die Anmeldung und Unterlagen und orientiert in Absprache mit der WSL den Hersteller über das weitere Vorgehen, die Termine und die anfallenden Kosten. Gleichzeitig fordert das Bundesamt das Depot ein.
- Zu 3: Die WSL sichtet die Unterlagen, prüft die Randbedingungen zum Einbau des Bauwerkes ins Versuchsgelände und organisiert die Versuche.
- Zu 4: Der Hersteller bezahlt das Depot und wird anschliessend zur Montage seines Schutznetzes aufgefordert.
- Zu 5: Die WSL führt im Beisein einer Delegation der EKLS die Versuche mit den Prüfungen und Messungen durch und protokolliert die einzelnen Arbeitsschritte und Resultate.
- Zu 6: Die WSL verfasst einen Bericht über die messbaren und gutachtlichen Prüfungen.
- Zu 7: Die EKLS beurteilt die Resultate. Sie stellt ihren Antrag über die Zulassung des Schutznetzes zu Händen des BUWAL und informiert den Hersteller.
- Zu 8: Das BUWAL erstellt die Endabrechnung.
- Zu 9: Das BUWAL entscheidet über die Zulassung des Schutznetzes. Es sendet den Prüfbericht und das Zertifikat dem Hersteller zu.

## **6.2 Anforderungen an die Schutznetze**

### **6.2.1 Grundsätze**

Grundsätzlich hat ein Schutznetz die Aufgabe, sich bewegende Steine und Blöcke aufzuhalten. In der Natur geschieht dies oft mit Hilfe eines Bodenkontaktes während dem Abbremsen. Das bedeutet, dass das Schutzbauwerk nur einen Teil der kinetischen Energie des Steines abbaut und der andere Teil durch den Boden absorbiert wird.

Die Schutznetze, die nach dieser Richtlinie geprüft werden, sollen die gesamte kinetische Energie eines vertikal einfallenden Wurfkörpers absorbieren können. Dabei entspricht die kinetische Energie derjenigen der jeweiligen Energieklasse. Die maximalen elastischen und plastischen Verformungen des Bauwerkes dürfen ein bestimmtes Mass nicht überschreiten.

Die Wirkungsfläche eines Schutznetzes soll auch nach einem Ereignis möglichst gross bleiben und möglichst nur in der Höhe beeinträchtigt werden. An die Restnutzhöhe des Bauwerkes werden bestimmte Anforderungen gestellt.

Die Wirkungsbreite darf nach einem Ereignis nicht unterbrochen werden.

## 6.3 Testanlage Walenstadt

### 6.3.1 Geographische Lage

Das Versuchsgelände befindet sich im Steinbruch Lochezen, ca. 200 m über dem Walensee. Der Zugang führt über eine Standseilbahn deren Talstation ca. 2 km westlich von Walenstadt liegt und mit dem Lastwagen erreicht werden kann. Die Montage der Schutznetze im Gelände erfolgt mit der fest installierten Krananlage (Abbildung 7).

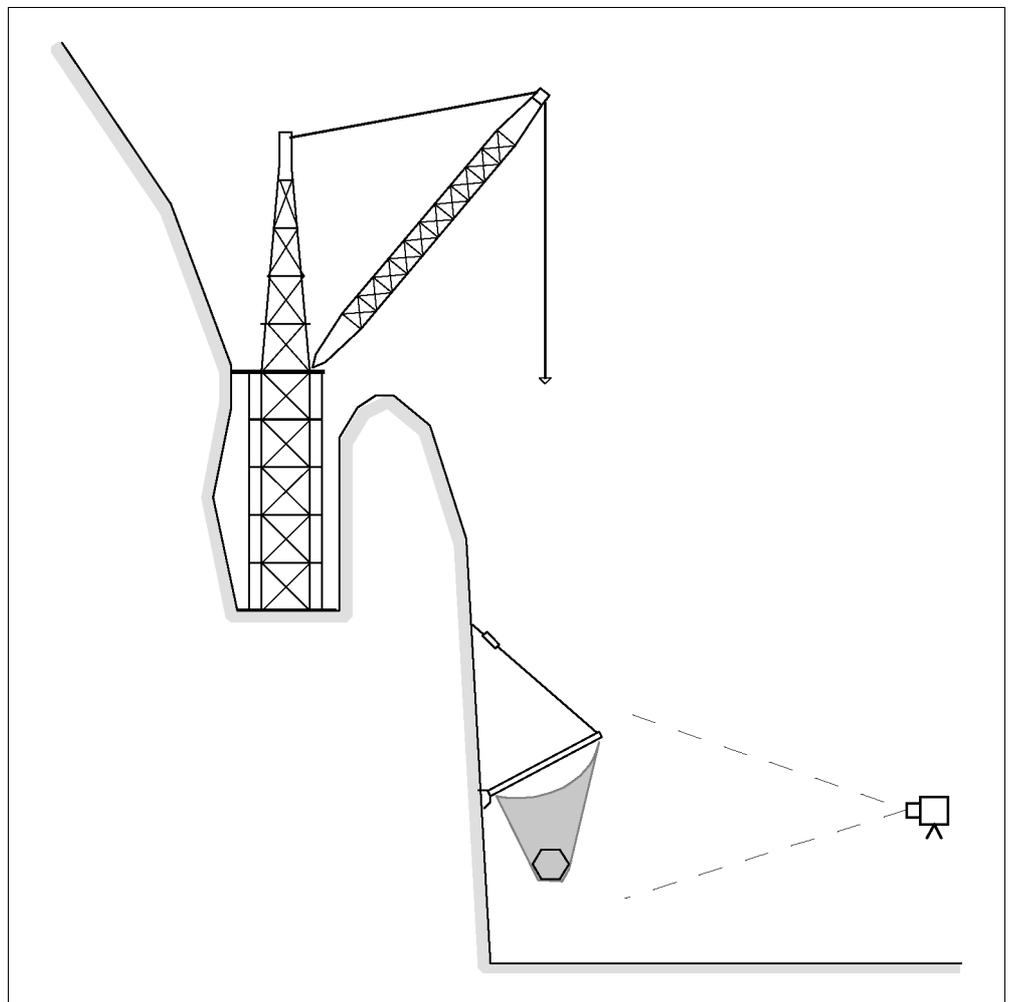


Abbildung 7:  
Schematische Ansicht der Versuchsanlage Walenstadt mit Krananlage, Schutznetz und Videokamera. Verformung des Schutznetzes nach einem Test.

### 6.3.2 Montage der Schutznetze

Die Schutznetze werden in 15 m Höhe montiert, wobei die Stützen an vier Fundationsstellen befestigt und mit Seilen in der Felswand rückverankert werden. Die Neigung der Stützen beträgt  $30^\circ$  gegenüber der Horizontalen; diejenige der Rückhalte-seile ca.  $40^\circ$  (Abbildung 8).

Das Schutznetz besteht normalerweise aus drei Feldern mit 10 m Stützenabstand. Es werden somit 4 Stützen und dazwischen 3 Netze montiert (Abbildung 3).

Die Länge der Stützen richten sich nach der jeweiligen Energieklasse (Tabelle 2). Getestet wird mit diesen minimalen Stützenlängen. Die Hersteller dürfen nach bestandener Prüfung jedoch bis zu 1,5-fach längere Stützen anbieten, wobei die Tragsicherheit der Stützen nachgewiesen werden muss.

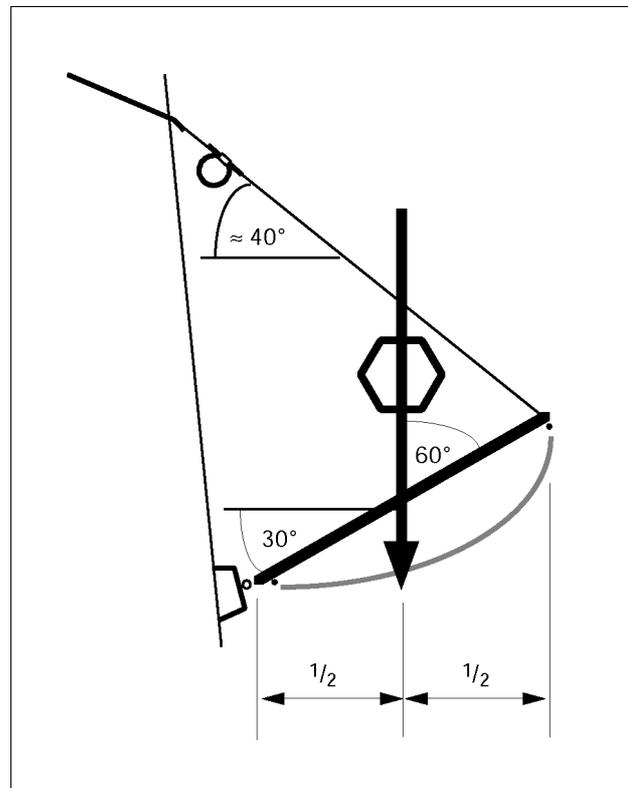


Abbildung 8:  
Anordnung der Schutznetze in  
der Versuchsanlage. Winkel der  
einzelnen Tragelemente.

## 6.4 Prüfungen im einzelnen

Die Schutznetze gegen Steinschlag werden in 9 Klassen von 100 kJ bis 5'000 kJ Energie eingeteilt. Diese Energien werden auch als Prüfenergien bezeichnet. Ein Bauwerk muss in seiner Energieklasse die verschiedenen Teilprüfungen a) bis d) durchlaufen und dabei gelten unterschiedliche Anforderungen. Bei den Prüfungen a) bis c) finden einzelne Versuche am Bauwerk mit Wurfkörpern statt und die Prüfung d) beinhaltet eine qualitative Begutachtung des Schutznetzes und der mitgelieferten Dokumentation.

In den folgenden Kapiteln werden die Prüfungen a) bis d) einzeln beschrieben.

#### 6.4.1 Vorprüfungen a) mit kleinen Energien: (Randfeld)

<b>Hauptziele dieser Prüfung:</b>	Mit dieser Vorprüfung sollen einerseits die Verformungen der Geflechtauflage getestet werden und andererseits mit den kleineren Wurfkörpern nur wenige Seile oder Ringe des Netzes belastet werden.
<b>Art der Durchführung:</b>	Die nachfolgend aufgeführten Wurfkörper werden pro Grössenordnung mit einer Auftreff-Geschwindigkeit von 25 m/s miteinander in ein Randfeld fallen gelassen. <ul style="list-style-type: none"><li>• 5 Kleine Wurfkörper 10/10/10 cm Gesamtmasse 12 kg Energie 3,8 kJ</li><li>• 3 Kleine Wurfkörper 20/20/20 cm Gesamtmasse 59 kg Energie 18 kJ</li><li>• 1 Wurfkörper* mit 50/50/50 cm Masse <math>\approx</math> 300 kg Energie 94 kJ</li></ul> * Die Schutznetze der Energieklasse 1 und 2 werden nicht mit diesem Wurfkörper geprüft.
<b>Mess- und Beobachtungsmethodik:</b>	Die Verformungen der Geflechtauflage und der betroffenen Netzteile werden pro Grössenordnung der Steine gemessen und beschrieben. Schäden an einzelnen Drähten oder Seilen werden protokolliert. Es werden keine Kraftmessungen durchgeführt.
<b>Anforderungen an das Schutznetz:</b>	Die Wurfkörper müssen vom Bauwerk abgebremst werden. Es dürfen keine Durchschläge erfolgen. Es sind keine Reparaturarbeiten zwischen den einzelnen Würfeln erlaubt.

#### 6.4.2 Vorprüfung b) mit Energie 50%: (Mittelfeld)

<b>Hauptziele dieser Prüfung:</b>	Mit dieser Prüfung wird der Reparaturaufwand, die Unterhaltsfreundlichkeit eines Schutznetzes und der Bremsweg bei halber Energie getestet.
<b>Art der Durchführung:</b>	Der für diese Energie vorgesehene Wurfkörper (Tabelle 2) wird mit einer Auftreff-Geschwindigkeit von 25 m/s in die Mitte des mittleren Feldes fallen gelassen.
<b>Mess- und Beobachtungsmethodik:</b>	Vor dem Versuch wird die Lage der einzelnen Tragelemente vermessen und protokolliert. Während dem Versuch werden an ca. 10 Verankerungspunkten die Zugkräfte in den Seilen gemessen und aufgezeichnet. Der Versuch wird aus zwei Richtungen gefilmt. Nach dem Versuch werden die folgenden Werte protokolliert: <ul style="list-style-type: none"><li>• Verformungen der Seile, Bremsen, Stützen und Netze</li><li>• Die Höhenlage des Wurfkörpers</li><li>• Schäden an einzelnen Tragelementen</li></ul> Bei der Wiederinstandstellung des Schutznetzes werden Stunden- und Materialaufwand protokolliert. Aus den Videobildern wird die Bremszeit $t_s$ und der maximale Bremsweg $b_s$ bis zum unteren Umkehrpunkt des Wurfkörpers bestimmt (Figur 9).

**Anforderungen an das Schutznetz:** Der Wurfkörper muss vom Schutznetz abgebremst werden  
Es darf kein Durchschlag erfolgen  
Möglichst geringer Aufwand zur Wiederinstandstellung

#### **6.4.3 Hauptprüfung c) mit Energie 100%: (Mittelfeld)**

**Hauptziele dieser Prüfung:** Bei dieser Prüfung soll die volle kinetische Energie des Wurfkörpers in Verformungsarbeit des Schutznetzes umgewandelt werden. Dabei soll die Tragfähigkeit wie auch die Verformbarkeit getestet werden.

**Art der Durchführung:** Der für diese Energie vorgesehene Wurfkörper (Tabelle 2) wird mit einer Auftreffgeschwindigkeit von 25 m/s in die Mitte des mittleren Feldes fallen gelassen.

**Mess- und Beobachtungsmethodik:** Vor dem Versuch wird die Lage der einzelnen Tragelemente vermessen und protokolliert.

Während dem Versuch werden an ca. 10 Verankerungspunkten die Zugkräfte in den Seilen gemessen und aufgezeichnet.

Der Versuch wird aus zwei Richtungen gefilmt.

Nach dem Versuch werden die folgenden Werte protokolliert:

- Verformungen der Seile, Bremsen, Stützen und Netze
- Die Höhenlage des Wurfkörpers
- Schäden an einzelnen Tragelementen

Aus den Videobildern wird die Bremszeit  $t_s$  und der maximale Bremsweg  $b_s$  bis zum unteren Umkehrpunkt des Wurfkörpers bestimmt (Abbildung 9).

**Anforderungen an das Schutznetz:** Der Wurfkörper muss vom Schutznetz abgebremst werden.  
Es darf kein Durchschlag erfolgen.  
Der maximale Bremsweg  $b_s$  muss kürzer sein als der in Tabelle 2 festgelegte Wert.  
Die Höhe  $h_n$  des Netzes im Mittelfeld muss nach dem Wurf mindestens den in Tabelle 2 festgelegten Wert betragen (Messung vor dem Entfernen des Wurfkörpers).

#### **6.4.4 Beurteilung d) des Schutznetzes nach speziellen Kriterien**

**Hauptziele dieser Prüfung:** In dieser Prüfung geht es hauptsächlich um die Beurteilung der nicht messbaren Kriterien und um die Praxistauglichkeit des Schutznetzes.

**Art der Durchführung:** Beurteilung der Dokumentation:

- Vergleich der Abmessungen in den Plänen mit denjenigen am Schutznetz. Es muss sichergestellt werden, dass die mitgelieferte Dokumentation mit dem eingebauten Schutznetz übereinstimmt.
- Die Hersteller müssen angeben, welche geltenden Normen ihr Produkt erfüllt (im speziellen die Normen über Korrosionsschutz, Stahldrähte und Drahtseilklemmen).

Beurteilung der Konstruktion:

- Es wird die effektive Montage beobachtet und, unter Berücksichtigung der speziellen Umstände, mit der Montageanleitung verglichen.
- Es wird die Einfachheit der Konstruktion beurteilt und die Anpassungsfähigkeit ins natürliche Gelände abgeschätzt.
- Anhand der Lebensdauer der Einzelkomponenten, welche vom Lieferanten nachgewiesen werden muss, wird die Lebensdauer des Schutznetzes beurteilt.

**Anforderungen:**

Pläne und Bauwerk müssen in allen Einzelheiten übereinstimmen.

Gültige Normen müssen eingehalten werden.

Montageanleitung soll praxisnah beschrieben sein und der Realität entsprechen.

Einfache Konstruktionen sollten kostengünstige Auswirkungen auf den Verkaufspreis bewirken.

Eine lange Lebensdauer soll angestrebt werden.

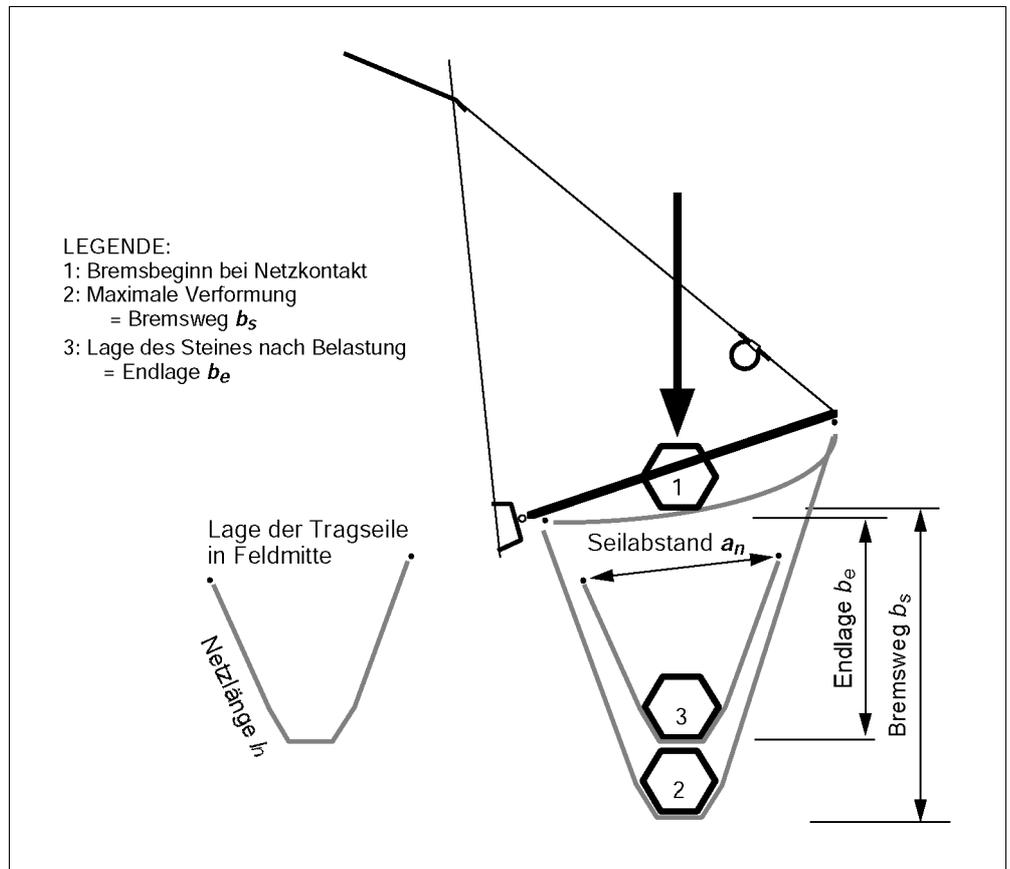


Abbildung 9:  
Positionen des  
Wurfkörpers während  
Abbremsvorgang bei  
Prüfungen b) und c).

Tabelle 2:  
Angaben über die  
Prüfparameter bei  
Teilprüfungen b) und c)

Klasse	Stützenlänge (m)	Teilprüfung b) (50%)			Teilprüfung c) (100%)				
		Energie (kJ)	Masse, Wurfkörper (kg)	Kantenlänge s (m)	Energie (kJ)	Masse, Wurfkörper (kg)	Kantenlänge s (m)	Max. zulässiger Bremsweg $b_s$ (m)	Min. Netzhöhe $h_n$ (m)
1	1,5	50	160	0,41	100	320	0,52	4,0	0,90
2	2,0	125	400	0,56	250	800	0,70	5,0	1,20
3	3,0	250	800	0,70	500	1'600	0,88	6,0	1,80
4	3,0	375	1'200	0,80	750	2'400	1,01	7,0	1,80
5	4,0	500	1'600	0,88	1'000	3'200	1,11	8,0	2,40
6	4,0	750	2'400	1,01	1'500	4'800	1,27	9,0	2,40
7	5,0	1'000	3'200	1,11	2'000	6'400	1,40	10,0	3,00
8	6,0	1'500	4'800	1,27	3'000	9'600	1,60	12,0	3,60
9	7,0	2'500	8'000	1,51	5'000	16'000	1,90	15,0	4,20

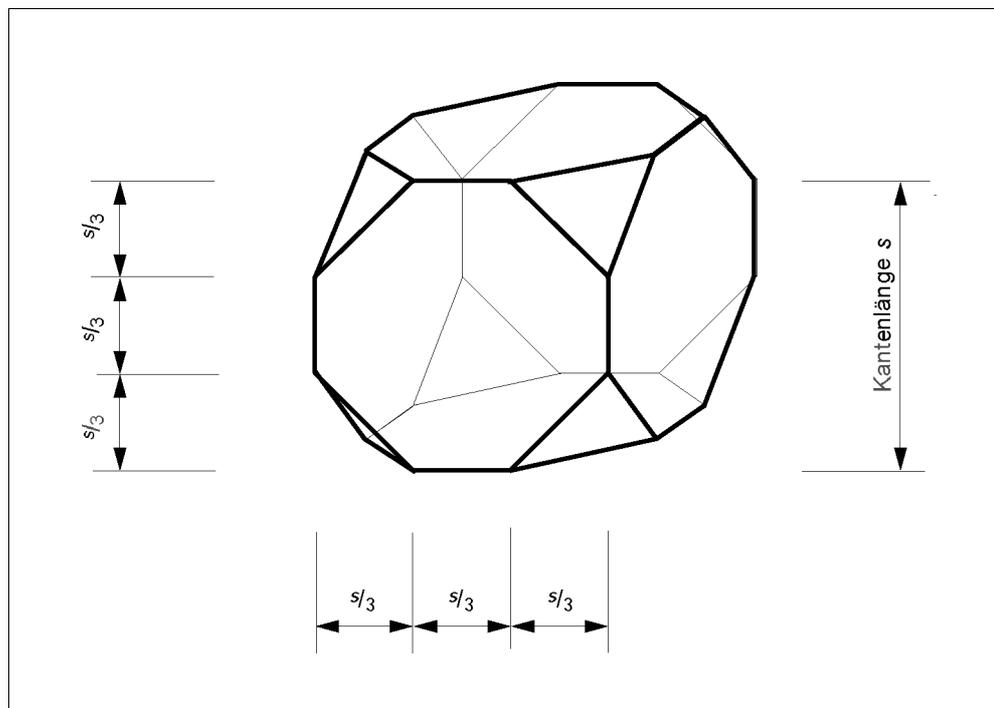


Abbildung 10:  
Form und Geometrie der  
Wurfkörper aus bewehr-  
tem Beton.

## **6.5 Prüfbericht**

Der Prüfbericht enthält alle wichtigen Daten und die Protokolle der Prüfungen a) bis d), die zur Entscheidung über die Zertifizierung beitragen können. Im nachfolgenden werden die Protokolle einzeln aufgeführt:

- Abmessungen und Dimensionen des Schutznetzes und schematische Ansicht über die prinzipielle Anordnung der einzelnen Tragwerksteile.
- Protokoll zur Prüfung a): Dabei handelt es sich um eine verbale Beschreibung dieser Versuche.
- Protokolle zur Prüfung b): Enthalten die Daten über die Geometrieänderungen, Kraftmessungen, Videobildauswertungen und die Zusammenstellungen über den Reparaturaufwand.
- Protokolle zur Prüfung c): Enthalten die Daten über die Geometrieänderungen, Kraftmessungen, Videobildauswertungen und eine Zusammenstellung über die entstandenen Schäden.
- Protokolle zur Prüfung d): Verbale Beschreibung der nicht messbaren Kriterien.

## **6.6 Kosten der Prüfung**

Die Kosten für die Prüfung eines Schutznetzes setzen sich aus einer Grundpauschalen und aus Tagespauschalen gemäss separatem Beiblatt des BUWAL zusammen. Sie beinhalten die Benutzung der Lift- und Krananlagen zur Montage und Demontage der Bauwerke, die Abschreibungen der Messgeräte und Apparaturen und das Verfassen des Prüfberichtes.

Ebenfalls inbegriffen sind alle Aufwendungen der EKLS und des BUWAL.

# 7 Foundation

## 7.1 Anforderungen

Mit dieser Richtlinie werden bei Schutznetzen nur die oberirdischen Tragwerksteile geprüft. Es resultieren Kräfte, die von den Fundamenten und Verankerungen in den Untergrund übertragen werden müssen. Für ein einwandfreies Funktionieren dieser geprüften Schutznetze im Feld sind eine ausreichend bemessene Foundation und tragfähige Verankerungen Voraussetzung. Deshalb ist sowohl der Projektierung der Fundationen und Verankerungen wie auch bei der Ausführung dieser wichtigen Tragwerksteile auf der Baustelle grösste Beachtung zu schenken.

## 7.2 Foundations- und Ankertypen

Die Foundations- und Verankerungsverhältnisse bei Schutznetzen gegen Steinschlag sind produktabhängig, sodass in diesem Rahmen nur auf die prinzipiellen Anordnungen eingegangen werden kann. Je nach Untergrund und Bauwerkskonzept kommen unterschiedliche Fundationen und Verankerungen zur Anwendung. Allgemein kann aber unterschieden werden zwischen den Verankerungen resp. Fundamenten der Stützen und den Verankerungen der Seile. Im folgenden werden die wichtigsten Foundations- und Verankerungstypen dargestellt.

### 7.2.1 Fundamente der Stützen

Am Stützenfuss muss gewährleistet sein, dass die massgebenden Druck- und Schubkräfte in den Untergrund übertragen werden können. Treten bei nicht rückverankerten Bauwerken zusätzlich Belastungen infolge Drehmomenten auf, müssen auch diese von der Fundamentkonstruktion in den Untergrund übertragen werden können.

### 7.2.2 Verankerung der Seile

Für die Verankerung von Seilen werden meistens Seil- oder Stabanker verwendet. Da die Richtung der Seilkraft und die Richtung der Verankerung in den seltensten Fällen übereinstimmen, treten im Übergangsbereich von Ankerkopf und Untergrund Querkräfte auf. Je nach Grösse des Umlenk winkels und Festigkeit des Grundmaterials bewirken die Querkräfte unterschiedliche Biegebeanspruchungen im Ankermaterial.

### 7.3 Bemessung der Foundationen und Anker

Die Kräfte an den Fundamenten und Verankerungen, die aus der Umwandlung der kinetischen Energie eines Steines in Verformungsenergie des Bauwerkes entstehen, können nicht zuverlässig genau berechnet werden. Aus diesem Grunde stützen wir uns bei der Bemessung der Fundamente und Anker auf die Kraftmessungen, die aus den Versuchen der Typenprüfung resultieren. Durch den vertikalen Fall des Wurfkörpers werden die Bremskräfte am Stein, bei Bremszeiten zwischen 0,3–0,9 s, um ca. 10–25% gegenüber einer horizontalen Abbremsung erhöht. Je nach dem zeitlichen Verlauf der Bremskraft können auch noch grössere Unterschiede auftreten.

#### 7.3.1 Sicherheitsfaktor

Die bei der Typenprüfung gemessenen Kräfte beinhalten wohl die verschärften Bedingungen des vertikalen Wurfes, sie beinhalten aber auch die ausgleichenden Wirkungen des zentralen Auftreffortes der Wurfkörper im Netz. Bei exzentrischer Belastung näher an den Stützen oder näher an den Trageilen werden zusätzliche Kräfte in einzelnen Seilen entstehen, die noch nicht bekannt sind.

Aus diesen Gründen sind die gemessenen maximalen Kräfte, die aus der Hauptprüfung c) mit 100% Energie resultieren, generell mit einem Zuschlag von 30% zu erhöhen und diese erhöhten Kräfte als statische Ersatzlasten in die weiteren Berechnungen einzuführen.

$$\text{Statische Ersatzlast } Q_e = \text{Gemessene Kraft } F_{max} * 1,3$$

#### 7.3.2 Tragsicherheit und Gebrauchstauglichkeit

Die Einwirkungen aus der statischen Ersatzlast  $Q_e$  entspricht dem Kennwert  $Q_r$  gemäss Norm SIA 160 Ziffer 3 23 2. Sie wird als Leiteinwirkung betrachtet und der Bemessungswert  $Q_d$  wird bestimmt zu:

$$Q_d = y_Q \cdot Q_r$$

$y_Q$  : Lastfaktor für die Leiteinwirkung  $y_Q = 1.3$

$Q_r$  : Kennwert der Einwirkung  $Q_r = Q_e$

Die Anforderungen an die Gebrauchstauglichkeit und die Einwirkungen für deren Nachweis sind gemeinsam von Projektverfasser und Bauherrn festzulegen. In vielen Fällen werden die Anforderungen mit dem Nachweis der Tragsicherheit in ausreichendem Masse abgedeckt.

## **7.4 Ankermörtel**

Die Qualität des Ankermörtels spielt eine massgebende Rolle bei der Verankerung von Schutzbauwerken gegen Steinschlag. Beim Lawinenverbau ist diese Qualitätssicherung in «Richtlinien für den Lawinenverbau im Anbruchgebiet» Ausgabe 1990 und Ergänzungen 2000, geregelt (Herausgeber: BUWAL, Eidg. Forstdirektion, 3003 Bern und WSL, Eidg. Institut für Schnee und Lawinenforschung, 7260 Davos-Dorf). Diese Richtlinie wird auch für die Verwendung von Ankermörtel zur Fundation und Verankerung von Schutznetzen gegen Steinschlag als verbindlich erklärt. Im folgenden werden die wichtigsten Fakten aus der erwähnten Richtlinie auszugsweise wiedergegeben.

### **7.4.1 Grundsätzliches**

Die Eignung eines Ankermörtels muss mit einer Eignungsprüfung nachgewiesen werden. Sie ist in einem neutralen Labor durchzuführen. Die letzte Eignungsprüfung bzw. der Bericht dazu darf nicht älter als drei Jahre sein.

Während den Vermörtelungsarbeiten auf der Baustelle muss die Konformität des verwendeten Produktes laufend überprüft werden. Die Häufigkeit der Prüfungen ist der verarbeiteten Mörtelmenge anzupassen und so festzulegen, dass die tatsächliche Streuung der Mörtel Eigenschaften erfasst wird. Die Prüfungen sind in einem neutralen Labor durchzuführen.

### **7.4.2 Eignungsprüfung**

Die Eignungsprüfung wird an Mörtel durchgeführt, welcher eine pumpbare Konsistenz aufweist. Die Prüfung muss folgende Untersuchungen enthalten:

- Frischmörtel Eigenschaften: Setz- und Ausbreitmass, Luftporengehalt und Rohdichte
- Prüfungen an erhärtetem Mörtel: Rohdichte, Biegezug- und Druckfestigkeit, Elastizitätsmessung, Frostbeständigkeit, Längenänderung (Schwinden)

Die detaillierten Anforderungen an den Mörtel sind als Grenzwerte in der oben erwähnten Richtlinie aufgelistet.

### **7.4.3 Prüfung der Konformität**

Die Entnahme des Mörtels und die Herstellung der Probekörper erfolgt auf der Baustelle. Aus einer normal hergestellten Mischercharge wird während den Vermörtelungsarbeiten am Ende des Pumpenschlauches eine Probe entnommen und damit die folgenden Probekörper hergestellt:

- entweder 9 Prismen 40/40/160 mm
- oder 2 Zylinder  $\varnothing = h = 200$  mm
- oder 2 Würfel 200/200 mm, bzw. Probekörper mit ähnlichem Volumen

Die Proben müssen eindeutig und dauerhaft gekennzeichnet werden. Es ist darauf zu achten, dass ein Feuchtigkeitsverlust verhindert und eine Temperatur von mind. 10°C gewährleistet ist. Der Transport ins Prüflabor hat spätestens nach 2 Tagen zu erfolgen.

Die nachfolgenden Angaben sind zusammen mit den Prüfkörpern dem Prüflabor abzuliefern, damit die Prüfwerte sicher interpretiert werden können:

- Auftraggeber
- Protokoll der Mörtelherstellung
- Art und Datum der Prüfkörperherstellung
- Luft- und Mörteltemperatur bei der Herstellung
- Zeitpunkt des Ausschalens
- Lagerungsbedingungen

Die Konformitätsprüfung muss folgende Untersuchungen umfassen:

- Rohdichte, und Druckfestigkeit nach 7 und 28 Tagen
- Bestimmung der Frostbeständigkeit

Die detaillierten Anforderungen an den Mörtel sind als Grenzwerte in der oben erwähnten Richtlinie aufgelistet.

## **8 Inkrafttreten**

Diese Richtlinie tritt am 1. Juni 2001 in Kraft.

## 9 Übergangsbestimmungen

Während der Übergangsfrist vom 1. Juni 2001 bis 1. Juni 2003 können auch Steinschlagschutznetze, welche keine Zulassung des BUWALs haben, in vom Bund subventionierten Projekten verwendet werden.

Die Tragsicherheit und die Gebrauchstauglichkeit muss jedoch durch den Lieferanten nachgewiesen und von einer neutralen Stelle bestätigt werden.

Empfohlen werden Schutznetze, welche bisher unter der Aufsicht der WSL getestet worden sind.

Sobald die Übergangsfrist abgelaufen ist, werden Bundesbeiträge nur noch an Massnahmen und Projekte ausgerichtet, welche geprüfte und zugelassene Steinschlagschutznetze enthalten.



# Verzeichnisse

## Abbildungen

Abbildung 1: Schematische Ansicht eines rückverankerten Schutznetzes mit Bezeichnung der Tragelemente	18
Abbildung 2: Schematische Ansicht eines Schutznetzes mit eingespannten Stützen	18
Abbildung 3: Schematische Frontansicht eines rückverankerten Schutznetzes mit Bezeichnung der Tragelemente	19
Abbildung 4: Bezeichnungen der Winkel und Abmessungen	20
Abbildung 5: Lage der Tragseile nach einer Belastung	21
Abbildung 6: Frontansicht der Tragseile im Mittelfeld nach einer Belastung	21
Abbildung 7: Schematische Ansicht der Versuchsanlage Walenstadt mit Krananlage, Schutznetz und Videokamera. Verformung des Schutznetzes nach einem Test	25
Abbildung 8: Anordnung der Schutznetze in der Versuchsanlage. Winkel der einzelnen Tragelemente	26
Abbildung 9: Positionen des Wurfkörpers während Abbremsvorgang bei Prüfungen b) und c)	29
Abbildung 10: Form und Geometrie der Wurfkörper aus bewehrtem Beton	30

## Tabellen

Tabelle 1: Administrativer Ablauf in einzelnen Arbeitsschritten	23
Tabelle 2: Angaben über die Prüfparameter bei Teilprüfungen b) und c)	30