

Grundlagen zur Qualitätsbeurteilung von Steinschlagschutznetzen und deren Foundation

Anleitung für die Praxis



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Bundesamt für Umwelt BAFU

Grundlagen zur Qualitätsbeurteilung von Steinschlagschutznetzen und deren Foundation

Anleitung für die Praxis

Impressum

Herausgeber

Bundesamt für Umwelt (BAFU)

Das BAFU ist ein Amt des Eidg. Departements für Umwelt,
Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK).

Autoren

Reto Baumann

Werner Gerber

Expertengruppe

Expertenkommission Lawinen und Steinschlag – EKLS

Zitierung

Baumann R. 2018: Grundlagen für die Qualitätssicherung von
Steinschlagschutznetzen und deren Fundation. Anleitung für die
Praxis. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Wissen Nr. 1805:
42 S.

Gestaltung

Cavelti AG, medien. digital und gedruckt, Gossau

Titelbild

Experten beurteilen ein Steinschlagschutznetz
in der Testanlage Walenstadt.

Foto: Reto Baumann

PDF-Download

www.bafu.admin.ch/uw-1805-d

(eine gedruckte Fassung liegt nicht vor)

Diese Publikation ist auch in französischer und italienischer
Sprache verfügbar. Die Originalsprache ist Deutsch.

© BAFU 2018

Inhaltsverzeichnis

Abstracts	5	Anhang A4: Berechnung der massgebenden Seilkräfte	22
Vorwort	6	A4.1 Anordnung der Tragseile bei der Typenprüfung	22
1 Einleitung	7	A4.2 Kräfte in unteren Tragseilen	23
1.1 Zweck und Inhalt	7	A4.3 Kräfte in oberen Tragseilen	23
1.2 Adressaten	7	A4.4 Kräfte in den Fangseilen	23
1.3 Einordnung	7	A4.5 Kräfte in Rückhalteseilen	24
2 Das europäische Bewertungsverfahren	8	A4.6 Statische Ersatzlasten	24
3 Richtlinie über die Typenprüfung von Schutznetzen gegen Steinschlag	9	A4.7 Beispiel zur Berechnung der massgebenden Kräfte in Rückhalteseilen	25
4 Anwendung von Steinschlagschutznetzen in Projekten	10	Anhang A5: Inhalt eines Beurteilungsberichtes	28
4.1 Allgemeines	10	Anhang B1: Einwirkungen auf Verankerungen und Fundamente	29
4.2 Voraussetzung für die Subventionierung	11	B1.1 Anordnung der Schutznetze im Gelände	29
4.3 Vergleich der Testverfahren mit Schräg- und Vertikalwurf	11	B1.2 Verankerung der unteren Tragseile	29
4.4 Anforderungen an die Steinschlagschutznetze	12	B1.3 Verankerung der oberen Tragseile	29
4.4.1 Erforderliche Dokumente	12	B1.4 Verankerung der Rückhalteseile	30
4.4.2 Prioritäre technische Anforderungen	12	B1.5 Einwirkungen auf Fundamente	31
4.4.3 Nachweis der prioritären technischen Anforderungen	13	B1.6 Einfluss des Umlenkwinkels	32
4.4.4 Weitere technische Anforderungen	13	Anhang B2: Bemessung der Verankerungen und Fundamente	34
4.4.5 Anforderungen an die Dokumentation	13	B2.1 Allgemeines	34
4.4.6 Montageversuch	14	B2.2 Bemessungswerte	34
4.5 Überprüfung der Anforderungen und Eignungskriterien	14	B2.3 Nachweise	36
4.6 Anforderungen an die Verankerungen und Fundamente	14	Anhang B3: Versuche an Probeankern	37
4.6.1 Einwirkung auf Verankerungen und Fundamente	14	B3.1 Ausziehversuche	37
4.6.2 Bemessung der Verankerungen und Fundamente	15	B3.2 Zugproben	37
4.6.3 Korrosionsschutz der Verankerungen und Fundamente	15	Anhang B4: Korrosionsschutz	38
4.6.4 Verwendung von Ankermörtel	16	B4.1 Beispiel eines Fundamentes mit Korrosionsschutz der Stufe 2	38
Anhang A1: prioritäre Kriterien zur Leistungsbeurteilung der Netze	17	Anhang C: Glossar	39
Anhang A2: Kriterien zur Beurteilung der Netze	18	Anhang D: Abkürzungen	41
Anhang A3: Kriterien zur Beurteilung der Dokumentationen	19		
A3.1 Technische Dokumentation	19		
A3.2 Montageanleitung	20		
A3.3 Wartungshandbuch	21		

Abstracts

This practical guide contains information for the quality assessment of the rockfall protection nets available on the market and their foundations. It provides support for actors involved in the procurement and use of rockfall nets, in particular commissioning clients.

Keywords:

Rockfall protection, Rockfall protection nets, Quality assessment, Dimensioning, Practical guide

Die Praxisanleitung enthält die Grundlagen, um die Qualität der auf dem Markt angebotenen Steinschlagschutznetze und deren Fundation beurteilen zu können. Sie unterstützt die an der Beschaffung und Verwendung von Steinschlagschutznetzen Beteiligten, insbesondere die Bauherren.

Stichwörter:

Steinschlagschutz, Steinschlagschutznetze, Qualitätsbeurteilung, Bemessung, Praxisanleitung

Ce guide pratique expose les bases nécessaires pour évaluer la qualité des filets de protection contre les chutes de pierres et de leurs fondations tels qu'ils sont proposés sur le marché. Il assiste les personnes impliquées dans l'acquisition et l'utilisation de filets pare-pierres, en particulier les maîtres d'ouvrages.

Mots-clés :

Protection contre les chutes de pierres, Filets pare-pierres, Évaluation de la qualité, Dimensionnement, Guide pratique

La presente guida pratica espone le basi per la valutazione qualitativa delle reti paramassi disponibili sul mercato e delle relative fondazioni. La pubblicazione è intesa come supporto per le parti interessate all'acquisto e all'utilizzo di reti paramassi, segnatamente per i committenti.

Parole chiave:

Protezione contro la caduta di sassi, Reti paramassi, Valutazione qualitativa, Dimensionamento, Guida pratica

Vorwort

Auf dem europäischen Markt werden von verschiedenen Herstellern zahlreiche Schutznetze gegen Steinschlag angeboten. Diese Netze haben die Eigenschaft, dass sie ihre Qualität und Tauglichkeit erst dann beweisen können, wenn sie tatsächlich von einem Ereignis getroffen werden. Sollten sie dann versagen, ist es zu spät um noch reagieren zu können. Das Ereignis kann dann den Schaden anrichten, den es eigentlich zu verhindern galt. Deshalb ist es wichtig, dass diese Produkte vorgängig hinsichtlich ihrer Qualität und ihrer praktischen Anwendbarkeit im Gelände überprüft werden. Für einen Teil der Beurteilungskriterien geschieht das im Europäischen Bewertungsverfahren, welches auch für die Schweiz verbindlich ist. Dabei wird die Leistung eines Produktes erfasst und mit einer Europäischen technischen Bewertung (European Technical Assessment – ETA) dokumentiert. Diese Dokumentation enthält aber über die praktische Anwendung im Gelände keine Aussagen. Die vorliegende Anleitung liefert nun ergänzende Informationen und Kriterien, wie diese Aspekte beurteilt werden können.

Im Rahmen der Beschaffung von Schutznetzen gegen Steinschlag können mit Hilfe von Eignungs- und Zuschlagskriterien Anforderungen an die Produktqualität gestellt werden. Das setzt aber Fachkenntnisse voraus. Mit dieser Anleitung wollen wir vor allem die Bauherren unterstützen, damit sie beim Einkauf das für sie geeignetste Produkt auswählen können. Die darin beschriebenen Grundlagen liefern aber auch Informationen, damit die Unternehmungen, welche die Schutznetze einbauen, die planenden Ingenieure und nicht zuletzt die Hersteller bzw. Lieferanten ihren Teil der Aufgaben wahrnehmen können (vgl. dazu Tabelle 1).

Wir wissen, dass es sich hierbei um eine komplizierte technische Angelegenheit handelt. Um der Praxis die Verwendung der Schutznetze gegen Steinschlag noch weiter zu erleichtern, soll ein Register eingeführt werden. Es wird die wichtigen Daten der bereits getesteten und beurteilten Produkte enthalten. Das Register wird öffentlich zugänglich sein.

Dr. Paul Steffen
Vizedirektor
Bundesamt für Umwelt (BAFU)

1 Einleitung

1.1 Zweck und Inhalt

Diese Anleitung soll in erster Linie den Einkäufern und Anwendern von Steinschlagschutznetzen eine Hilfe anbieten, damit sie feststellen können, ob die auf dem Markt angebotenen Produkte ihren Anforderungen und Bedürfnissen entsprechen.

Der Inhalt dieser Anleitung besteht im Wesentlichen aus Informationen zum Stand der Kenntnisse, wie Schutznetze hinsichtlich ihrer praktischen Tauglichkeit im konkreten Anwendungsfalle beurteilt werden können. Diese praktische Tauglichkeit und die Einhaltung von Normen und Richtlinien ist u.a. eine der Voraussetzungen damit die Verwendung eines bestimmten Steinschlagschutznetzes empfohlen werden kann. Diese Voraussetzungen gehen in einigen Bereichen über die Anforderungen für das Inverkehrbringen und die Verwendung der Netze nach dem aktuell gültigen EAD¹ hinaus, da im Rahmen der Prüfung der Projekte für die Subventionierung vor allem die praktische Tauglichkeit der Schutznetze massgebend ist. Es ist somit möglich, dass ein Steinschlagschutznetz zwar nach dem EAD zugelassen ist, jedoch in Projekten – mangels praktischer Tauglichkeit im Gelände – nicht verwendet werden soll. Dies muss im Einzelfall abgeklärt werden. Ein Beispiel dafür sind fehlende Voraussetzungen für die korrekte Verankerung der Netze.

1.2 Adressaten

Die Anleitung richtet sich in erster Linie an die Planer, Einkäufer und Anwender von Steinschlagschutznetzen. Indirekt dient sie auch dazu, die Produzenten, Importeure und Monteure von Schutznetzen auf die bei der Verwendung der Netze wichtigen zusätzlichen Anforderungen aufmerksam zu machen. In diesem Sinne dient die Publikation auch der Transparenz und der Vermittlung des aktuellen Kenntnisstandes.

1.3 Einordnung

Die Europäische Union hatte 2008 ein neues Zulassungs- und Konformitätsnachweisverfahren für Steinschlagschutznetze eingeführt (nach der ETAG 027). Die Schweizerische Eidgenossenschaft und die EU haben am 21. Juni 1999 ein Abkommen über die gegenseitige Anerkennung von Konformitätsbewertungen (MRA)² abgeschlossen. Dadurch wurde die ETAG 027 auch in der Schweiz gültig. Da das Abkommen keine länderspezifischen und von der ETAG 027 abweichenden Bewertungsverfahren erlaubt, muss die Schweiz die 2001 eingeführte Richtlinie über die Typenprüfung von Schutznetzen gegen Steinschlag ausser Kraft setzen.

Auf Grund der Bauprodukteverordnung (EU) Nr. 305/2011 arbeitet die EOTA in den Jahren 2016 bis 2018 an der Überführung der ETAG 027 in ein Europäisches Bewertungsdokument EAD DP 14-34-0059-01.06 (EAD – European Assessment Document). Durch diese Änderung wird in einer ETA (bisher European Technical Approval, neu European Technical Assessment) nicht mehr die Brauchbarkeit eines Produktes geprüft, sondern seine Leistung nach ausgewählten Kriterien. Dies dient dann als Grundlage zur Ausstellung einer Leistungserklärung und der CE-Kennzeichnung (beides durch den Hersteller).

¹ Leitlinie für die europäische technische Zulassung für Bausätze für Steinschlagschutznetze vom (edition september 2012, amended april 2013). Publiziert unter www.empa.ch/bewertungsstelle. Siehe auch Abschnitt 1.3

² Abkommen zwischen der Schweizerischen Eidgenossenschaft und der Europäischen Gemeinschaft über die gegenseitige Anerkennung von Konformitätsbewertungen vom 21. Juni 1999 (SR 0.946.526.81)

2 Das europäische Bewertungsverfahren

Gemäss Artikel 31 Absatz 4d) der europäischen Bauprodukteverordnung³ erarbeitet die Europäische Organisation Technischer Bewertungsstellen (EOTA) Bewertungsdokumente für die Europäische technische Bewertung für ein Produkt oder eine Produktfamilie. Die Fundstellen der endgültigen Europäischen Bewertungsdokumente werden durch die Kommission im Amtsblatt der Europäischen Union veröffentlicht. In der Schweiz ist die ETAG 027 (ab Mitte 2018 das EAD DP 14-34-0059-01.06) auf der Internetseite der Empa⁴ publiziert. Das europäische Bewertungsverfahren soll sicherzustellen, dass in der Europäischen Union (EU) nur Steinschlagschutznetze von hoher Qualität auf den Markt gebracht werden.

Das EAD äussert sich vor allem zur Beurteilung der Anwendbarkeit und zur Beurteilung sowie zur Bescheinigung der Konformität und CE-Kennzeichnung. Zur Erlangung der europäischen technischen Bewertung eines Bausatzes für Steinschlagschutznetze sind Feldversuche notwendig. Im EAD werden hauptsächlich die technischen Einzelheiten zur Durchführung dieser Versuche konkretisiert. Dabei werden unter anderem die einzelnen Bauteile eines Schutznetzes beschrieben und die dafür verwendeten Begriffe erklärt.

Aufgrund des EAD können von dafür anerkannten Stellen Europäische technische Bewertungen (ETA) für Steinschlagschutznetze erteilt werden. Im Weiteren bezeichnet das EAD die zuständigen Prüfgorgane (Prüf-, Bewertungs- und Inspektionsstellen = Konformitätsbewertungsstelle KBS) und legt die Prüfabläufe fest. Schliesslich werden auch noch die Aufgaben der Hersteller zur Sicherung der Produktionsqualität d.h. das Verfahren der werkseigenen Produktionskontrolle (WPK)⁵ beschrieben.

³ Europäische Bauprodukteverordnung (EU-Verordnung Nr. 305/2011, CPR) welche die Bauprodukterichtlinie (89/106/EWG) ersetzt. Sie ist in Kraft seit 4. April 2011

⁴ www.empa.ch/bewertungsstelle

⁵ ETAG 027: Art. 3.2.1 Aufgaben des Herstellers (EAD DP 14-34-0059-01.06: Art. 3.2)

3 Richtlinie über die Typenprüfung von Schutznetzen gegen Steinschlag

Bis 31. Januar 2018 war die Richtlinie über die Typenprüfung von Schutznetzen gegen Steinschlag (BUWAL 2001)⁶ und deren Ergänzungen (BAFU 2006)⁷ in Kraft. Das BAFU subventionierte nur Projekte bei denen Netze eingesetzt wurden, welche die Prüfung gemäss dieser Richtlinie bestanden. Seit dem Jahr 2001 sind im Energiebereich von 250 – 5000 kJ (Energieklassen 2 – 9) 32 Schutznetze einer Typenprüfung unterzogen worden. Von den geprüften Schutznetzen haben 28 Schutznetze die Anforderungen erfüllt und es sind vom Bundesamt für Umwelt Zertifikate ausgestellt worden, die im Internet öffentlich eingesehen werden können: www.bafu.admin.ch/typenpruefung

Um dem MRA mit der EU gerecht zu werden setzte das BAFU mit Schreiben an die Naturgefahrenfachstellen der Kantone vom 31. Januar 2018 die Schweizerische Richtlinie ausser Kraft.

6 BUWAL 2001: Richtlinie über die Typenprüfung von Schutznetzen gegen Steinschlag. Vollzug Umwelt. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft BUWAL, Eidgenössische Forschungsanstalt WSL, Bern, 39 Seiten (www.bafu.admin.ch/vu-7509-d).

7 BAFU 2006: Ergänzungen zur Richtlinie über die Typenprüfung von Schutznetzen. Bundesamt für Umwelt, BAFU, Bern, 4 Seiten (www.bafu.admin.ch/vu-7509-d).

4 Anwendung von Steinschlagschutznetzen in Projekten

4.1 Allgemeines

Die Qualität und Funktionstüchtigkeit eines im Feld installierten Schutznetzes hängt nicht nur von der Qualität des Schutznetzes selber ab, sondern noch von vielen anderen Faktoren. Damit ein Schutznetz gegen Steinschlag ordnungsgemäss und in der vorgesehenen Art und Weise und auf Dauer funktionieren kann, müssen nachfolgende Bereiche beachtet werden:

- Bemessung des Schutznetzes und dessen Positionierung im Gelände
- Bemessung der Verankerungen und Fundamente
- Montage des Schutznetzes

- Qualität von Verankerungen und Fundamente
- Kontrolle, Unterhalt und Instandsetzung

Für die Einhaltung einer guten Qualität der oben genannten Bereiche sind verschiedene Akteure verantwortlich. Zusätzlich zum Hersteller sind auch der projektierende Ingenieur, der Bauunternehmer und auch der Bauherr in die Verantwortung einzubeziehen. Nur wenn sich alle Beteiligten ihrer Verantwortung bewusst sind, kann die Qualität im Ganzen gesehen gesteigert und das Funktionieren der Schutznetze gewährleistet werden. Die Aufgaben der Beteiligten sind in Tabelle 1 aufgelistet. Zur besseren Orientierung sind auch Informationsquellen zu den Aufgaben aufgeführt.

Tabelle 1
Aufgaben der Beteiligten und Informationsquelle.

Wer	Aufgabe	Erläuterungen siehe
Hersteller	Eigenüberwachung der Produktion mit WPK Dokumentation Schutznetz Berechnung der massgebenden Kräfte	EAD Anhang A3 + EAD Kapitel 4.4.5.2 Anhang A4 Kapitel 4.4/Anhang A5
	Beurteilungsbericht (Nachweis der technischen Anforderungen und Dokumentationen) Identifizierung der Elemente Verpackungs- und Transportanweisung	EAD EAD
Behörde (Notifizierte Stelle)	Erstprüfung des Produkts Erstinspektion des Werkes und der WPK Periodische Fremdüberwachung der WPK durch KBS	EAD EAD EAD
	Behörde: (BAFU)	Führung eines Produktregisters
Ingenieur	Projektierung Schutznetz (Standort, Energieklasse, Netzhöhe) Festlegung der Art und Anzahl von Prüfkern Bemessung der Verankerung und Fundamente Überwachung der Bauarbeiten und Qualitätsprüfungen (z. B. Ankermörtel)	Anhang B3 Kapitel 4.6/Anhang B1, B2
Unternehmung	Versuche an Probeankern Protokolle der Bohrarbeiten und Injektionen Ausführung der Fundamente und Verankerungen Montage der Netze	Anhang B3
Bauherr	Festlegung der Massnahmenziele (Energieklasse) Festlegung der Anforderungen (u. a. Eignungs- und Zuschlagskriterien) Festlegung der Korrosionsschutzstufe Verankerung Unterhalts- und Reparaturarbeiten	Kapitel 4.6/Anhang A1-A3 Anhang B4

4.2 Voraussetzung für die Subventionierung

Gemäss Handbuch Programmvereinbarungen im Umweltbereich Anhang A7⁸ subventioniert das BAFU nur Massnahmen und Projekte mit Steinschlagschutznetzen, welche die geltenden Fachnormen und Richtlinien erfüllen. Es liegt in der Verantwortung der Bauherren, im Rahmen der Ausschreibe- und Vergabeverfahren die Anforderungen an die Schutznetze und an deren Einbau am vorgesehenen Standort zu definieren. In den folgenden Kapiteln 4.3, 4.4 und 4.5 werden Anforderungen und Qualitätskriterien beschrieben, die gemäss dem heutigen Stand der Kenntnisse und gestützt auf bisherige Erfahrungen erfüllt sein sollen.

Mit einer gültigen ETA gemäss EAD kann der Anbieter von Schutznetzen nur für einen Teil dieser Anforderungen zeigen, dass er sie erfüllt. Die CE-Kennzeichnung eines Produktes ist kein Qualitätssiegel, sondern eine Kennzeichnung, die durch den Inverkehrbringer in eigenem Ermessen anzubringen ist und mittels der er zum Ausdruck bringt, dass er die besonderen Anforderungen an das von ihm vertriebene Produkt kennt und dass selbiges diesen entspricht.

Die ETAs enthalten keine Angaben zu den Anforderungen gemäss dem Kapitel 4.4. Die Anbieter sollen die Erfüllung dieser geforderten Kriterien mit separaten Nachweisen erbringen.

Auf Antrag der Hersteller und unter Vorlage eines Beurteilungsberichtes gemäss Anhang A1 – A3 listet das Bundesamt für Umwelt die mit CE gekennzeichneten Netze, welche auch die Anforderungen gemäss Kapitel 4.4 erfüllen. Sie sind öffentlich und können eingesehen werden. (www.bafu.admin.ch/typenpruefung).

4.3 Vergleich der Testverfahren mit Schräg- und Vertikalwurf

In der Schweiz wird seit 2001 ein Testverfahren mit einer Flugbahnneigung von $\omega = 90^\circ$ (Winkel zwischen der

Blocktrajektorie und der Horizontalen) angewendet (Vertikalwurf). Im Gegensatz dazu lässt die EAD bei der Prüfung Flugbahnwinkel von $0^\circ \leq \omega \leq 90^\circ$, also auch Horizontal- und Schrägwürfe, zu. Bis 2013 wurden mit einer Ausnahme nach EAD zugelassene Schutznetze mit entweder $\omega \sim 30^\circ$ oder $\omega = 90^\circ$ getestet. Eine Vergleichsstudie der WSL⁹ zeigte, dass diese beiden Winkel auf die maximal gemessenen Kräfte und den Bremsweg nur einen kleinen Einfluss haben. Hingegen werden die Bremsenlemente beim Vertikalwurf um bis zu 50% mehr gezogen als beim Schrägwurf. Des Weiteren ist die Resthöhe im Vertikalwurf ca. 15% niedriger als nach einem Schrägwurf (~10% der Nominalhöhe).

Dies bedeutet:

Beide Testverfahren ($\omega \sim 30^\circ$ oder $\leq 90^\circ$) können als gleichwertig betrachtet werden, sofern die Prüfung nach der EAD im freien Fall durchgeführt wurde. Wurde die Prüfung nach EAD im Schrägwurf mit $\omega > 30^\circ$ durchgeführt, muss jedoch nachgewiesen werden:

- Die Längungen der Bremsenlemente müssen eine Reserve von 50% gegenüber der Längung beim Schrägwurf-MEL-Versuch aufweisen.
- Steigt die Widerstandskraft der Bremsenlemente mit zunehmender Längung an, so müssen die mit den Bremsenlementen verbundenen Netzteile (Seile, Stützen, Netze) über die notwendigen Traglastreserven verfügen.
- Die Struktur des Gesamtsystems muss die erhöhte Bremsenlängung zulassen.
- Die Schutznetzhöhe muss so gewählt werden, dass 15% weniger Restnutzhöhe (~10% der Nominalhöhe) kompensiert werden.

Prüfungen mit Winkeln kleiner als 30° sind nicht als gleichwertig zum Vertikalwurf und zu steileren Schrägwürfen zu betrachten. Versuche mit $\omega \sim 0^\circ$ hatten nämlich gezeigt, dass die Prüfkörper nach dem Abbremsvorgang rückwärts aus dem Netz geschleudert werden und deshalb die erforderlichen Messungen einiger Schutzsystemwerte gar nicht korrekt gemacht werden können. Für sehr kleine Flugbahnneigungen gelten die Resultate der Vergleichsstudie nur noch beschränkt.

⁸ Zum Zeitpunkt der Publikation der Praxishilfe gültige Version: Handbuch Programmvereinbarungen im Umweltbereich 2016–2019. Mitteilung des BAFU als Vollzugsbehörde an Gesuchsteller. Bundesamt für Umwelt, Bern 2015. Umwelt-Vollzug Nr. 1501: 266 S. Publiziert unter: www.bafu.admin.ch/hpu

⁹ Volkwein A. und Stähli M.; Einfluss verschiedener Prüfverfahren nach ETAG 027 – Zusammenfassung; WSL Birmensdorf, 14. November 2013

Um den verschiedenen Anwendungen und den Anforderungen, die sich aus dem Standort der verwendeten Netze ergeben, gerecht zu werden, sollen bei den Ausschreibungen entweder ein Testverfahren oder die oben aufgeführten Nachweise in die Eignungskriterien aufgenommen werden.

4.4 Anforderungen an die Steinschlagschutznetze

4.4.1 Erforderliche Dokumente

Zur Beurteilung der in den Kapiteln 4.4 und 4.5 genannten Kriterien sollen für Bauherren in der Schweiz folgende Dokumente hergestellt und geliefert werden:

- Technische Dokumentation (inkl. Pläne und Berechnung der massgebenden Kräfte)
- Montageanleitung
- Wartungshandbuch

Die technische Dokumentation umfasst neben den Abmessungen, Gewichten und Materialqualitäten auch Angaben über den Zusammenbau der Tragelemente. Daneben sind Konstruktionszeichnungen und spezielle Angaben verlangt. Wichtige Punkte dabei sind die Flugbahnen des Wurfkörpers im Netz und die massgebenden Kräfte in den Trageilen. Diese sind nicht zu verwechseln mit den an der Typenprüfung gemessenen Kräften. Bei der Typenprüfung werden Kräfte in einzelnen Seilen gemessen und in der technischen Dokumentation sollten die Kräfte der Trageile zusammengefasst sein. Dies erlaubt eine Vergleichbarkeit der einzelnen Schutznetze.

In der Montageanleitung sollten neben der Montage der Elemente auch Angaben über die Absteckung vorhanden sein. Daneben sind zusätzliche Angaben über die Bohrarbeiten oder mögliche Unfallgefahren wertvoll.

Im Wartungshandbuch werden Angaben über die Inspektion, die Instandsetzung und das Vorgehen bei Reparaturen gemacht.

4.4.2 Prioritäre technische Anforderungen

Die Erfahrung bei der bisherigen Verwendung von Schutznetzen hat gezeigt, dass nur solche Netze, welche hohe

qualitative Anforderungen erfüllen, geeignet sind, die von ihnen geforderte Sicherheit zu gewährleisten. Es gibt eine Gruppe von Kriterien, die prioritär sind und zu hundert Prozent erfüllt sein sollten, weil sonst entscheidende Elemente für das Funktionieren des Gesamtsicherheitssystems fehlen. Sind beispielsweise die Verankerungen auf Grund von falschen Berechnungen zu schwach bemessen, so nützt das stärkste Netz nichts.

Diese technischen Anforderungen können aus den Dokumenten der Hersteller herausgelesen werden. Das sind einerseits die Unterlagen aus der Europäischen Bewertung (ETA) und andererseits die speziell verlangten Unterlagen über die technische Dokumentation, die Montageanleitung oder das Wartungshandbuch. Die vorgeschriebenen Anforderungen betreffen nachfolgende Werte:

- Flugbahnen des Wurfkörpers im Netz (Weg/Zeitdiagramme vom ersten Netzkontakt bis zur maximalen Auslenkung, inkl. Daten)
- Masse, Geschwindigkeit, Bremsweg und Bremszeit bei den Tests
- Netz der Kategorie A: Resthöhe $h_R \geq 50\% h_N$ nach Versuch MEL
- Neigung der Referenzebene
- Nennhöhe und Resthöhe bei den Tests
- Skizze der Verankerungen
- Massgebende Kräfte an den Verankerungen
- Maximale Auslenkung resp. Bremsweg
- Zwischenabspannung bei längeren Netzreihen

Die Resthöhe h_R wird nach dem MEL-Versuch gemessen und muss grösser als 50 % der Nennhöhe sein ($h_R \geq 50\% h_N$). Wurde das Testverfahren mit einem Schrägwurf (Neigung der Steinflugbahn $\omega > 30^\circ$) durchgeführt, dann muss die Resthöhe auf $h_R \geq 65\% h_N$ erhöht werden, um den Effekt der um 15 % geringeren Resthöhe bei dieser Versuchsanordnung zu kompensieren.

Die massgebenden Kräfte sind nach der in dieser Anleitung dargestellten Methode zu berechnen. Zwischenwerte und Resultate sind darzustellen.

Der maximale Bremsweg in den einzelnen Energieklassen darf den in Tabelle 2 angegebenen Wert nicht überschrei-

ten. Dabei beträgt die Funktion zur Berechnung des maximalen Bremsweges w:

$$w = 1,534 \times \ln(\text{MEL-Wert in kJ}) - 3,06$$

In Tabelle 2 ist der berechnete Bremsweg w auf den nächsten halben Meter aufgerundet.

Bei Netztypen, die Bremsselemente nur an den seitlichen Verankerungen enthalten, wird eine Beschränkung der Länge der Netzreihen gefordert. Diese darf ohne eine Zwischenabspannung mit Trageisiltrennung und Bremsen maximal 60 m betragen. Die Zwischenabspannung muss in der technischen Dokumentation und in der Montageanleitung aufgezeichnet und beschrieben sein.

Wird von einem Schutznetz eines der oben genannten Kriterien nicht erfüllt, so soll dieses Netz nicht beschafft und verwendet werden. (vgl. Anhang A1)

4.4.3 Nachweis der prioritären technischen Anforderungen

Kann mit den bei der Beschaffung vorgelegten Dokumenten der Nachweis, dass die prioritären technischen Anforderungen erfüllt sind, nicht voll und ganz erbracht werden, so soll zur Überprüfung der Qualität ein Versuch in einer Testanlage mit einer unabhängigen Prüfstelle durchgeführt werden. Dabei können die erforderlichen Kriterien gemessen und beurteilt werden. Diese Überprüfung dient der Eingangskontrolle und soll vor dem definitiven Einkauf des gesamten Bauwerkes erfolgen.

Eine Überprüfung ist auch angezeigt, wenn begründete und erhebliche Zweifel an der Qualität des Netzes bestehen.

4.4.4 Weitere technische Anforderungen

Es gibt auch eine Gruppe von technischen Anforderungen, die zwar wichtig, aber für das Funktionieren des Ge-

samtsystems nicht so absolut entscheidend sind. Werden aber zu viele Kriterien eines Netzes nicht erfüllt, muss trotzdem von dessen Verwendung abgeraten werden. (Vgl. Anhang A2)

Wichtig ist die Anpassungsfähigkeit der Netze im Gelände. Die Konstruktion muss auch in schwierigem Gelände und bei relativ engen Platzverhältnissen errichtet werden können.

Die Netze sollen sicher und möglichst einfach montiert werden können.

Nur gut unterhaltene Netze erfüllen ihre Funktion. Bei Netzen, bei denen die Unterhaltsarbeiten leicht und sicher ausgeführt werden können, werden die notwendigen Arbeiten auch regelmässig gemacht. Netze, die einfach zu unterhalten sind, haben daher einen Vorteil.

All diese Kriterien werden in der Europäischen Bewertung (ETA) nicht berücksichtigt.

4.4.5 Anforderungen an die Dokumentation

4.4.5.1 Bewertung der Dokumente

Alle Dokumente gemäss Kap. 4.4.1 müssen in den drei Landessprachen Deutsch, Französisch und Italienisch hergestellt werden. Die Dokumente werden nach den im Anhang A3 aufgelisteten Kriterien beurteilt. Die Kriterien betreffen hauptsächlich die Inhalte der jeweiligen Dokumente. Für die Bewertung wird das im Anhang beschriebene Punktesystem empfohlen. Je mehr Kriterien die Dokumente erfüllen, desto mehr Punkte können erreicht werden. Es sollte bei jedem Dokument eine minimale Punktezahl erreicht werden.

4.4.5.2 Berechnung der Ankerkräfte

In der technischen Dokumentation muss die Berechnung der massgebenden Seilkräfte nachvollziehbar angege-

Tabelle 2
Maximale Bremswege in Abhängigkeit der Energieklasse.

Energie-Stufe	0	1	2	3	4	5	6	7	8
MEL-Wert (kJ)	100	250	500	1000	1500	2000	3000	4500	>4500
Max. Bremsweg (m)	4	5,5	6,5	7,5	8,5	9	9,5	10	w*

* siehe Formel oben

ben werden. Grundlage dazu bilden die bei der Typenprüfung gemessenen Kräfte und die Abmessungen des Schutznetzes während der Prüfung. Aus den massgebenden Kräften werden die statischen Ersatzlasten berechnet. Diese sind in Grösse und Richtung anzugeben. Bei Mehrfachmessungen der Kräfte in den Rückhalteseilen ist zu prüfen, welcher Anker die grösste Belastung erfahren hat. Die statischen Ersatzlasten sind als Ankerkräfte anzugeben. Die Methodik zur Berechnung der massgebenden Kräfte und der statischen Ersatzlasten sind im Anhang A4 beschrieben.

4.4.6 Montageversuch

Kann die Anwendbarkeit mit Hilfe der im Anhang A1 bis A3 beschriebenen Kriterien nicht schlüssig beurteilt werden, so soll ein Montageversuch verlangt werden. Die Durchführung und Finanzierung, sowie auch die Beurteilungskriterien sollen vorgängig unter den Beteiligten vereinbart werden.

4.5 Überprüfung der Anforderungen und Eignungskriterien

Ob die Anforderungen erfüllt sind, kann mit einem Punktesystem überprüft werden. An die einzelne Anforderung wird ein Punkt vergeben, wenn sie erfüllt ist. Am Schluss werden die Punkte addiert. Maximal können 99 (102) Punkte erreicht werden. Das Festsetzen einer minimalen Punktelimite obliegt den Bauherren. Es wird empfohlen, die Limite etwa bei 80 % der maximalen Punktezahl festzulegen.

Um sicherzustellen, dass alle Aspekte, welche die Qualität der Netze und deren Einbau beeinflussen, angemessen berücksichtigt werden, sollen die Kriterien gruppiert und pro Gruppe eine minimale Punktezahl verlangt werden (Vgl. Anhang A1 – A3).

Eine unabhängige Fachstelle oder Fachperson soll überprüfen, ob die Anforderungen an die Steinschlagschutznetze gemäss dem Kapitel 4.4 erfüllt sind. Die Bauherren sollen bei der Vergabe von Aufträgen einen Beurteilungsbericht (vgl. Anhang A5) von den Herstellern verlangen. Daher ist es für die Hersteller von Vorteil, wenn sie für ihre Produkte frühzeitig solche Berichte erstellen lassen.

Um bei der Vergabe von Aufträgen sicherzustellen, dass die angebotenen Steinschlagschutznetze den hohen Qualitätsanforderungen genügen, ist es für die Bauherren empfehlenswert, wenn sie das Vorliegen eines Beurteilungsberichtes, bei dem das Netz die minimale Punktzahl erreicht, und das Vorliegen einer ETA auf der Grundlage der EAD DP 14-34-0059-01.6 zu den Eignungskriterien zählen.

4.6 Anforderungen an die Verankerungen und Fundamente

Besonders hohe Anforderungen sind an die Verankerungen und Fundamente zu stellen. Diese sollen einen Treffer Netz schadlos überstehen, denn Schäden sind oft schwer festzustellen. Vor allem dann, wenn sie unter Terrain liegen. Ein Ersatz bzw. Reparatur eines beschädigten Fundamentes ist aufwendig und teuer. Deshalb sollen diese robust ausgebildet werden.

4.6.1 Einwirkung auf Verankerungen und Fundamente

Die Grundlage für den Einsatz von Schutznetzen in Projekten sind die in den Dokumenten der Hersteller angegebenen statischen Ersatzlasten respektive Ankerlasten. Sie berücksichtigen aber die Verhältnisse während der Prüfung und sie sind nicht identisch mit denjenigen des jeweiligen Projektes. Deshalb sollen die geometrischen Verhältnisse aus den beiden Situationen überprüft werden. Es ist anzustreben, dass die Abweichungen möglichst klein ausfallen. Die Verankerungen der einzelnen Seile und die Einwirkungen auf die Fundamente werden im Anhang B1 beschrieben.

Relativ einfache Verhältnisse liegen bei der Verankerung der unteren Tragseile vor. Die aus den Versuchen resultierende horizontale Ersatzlast muss mit einem möglichst kleinen Umlenkwinkel im Boden verankert werden. Je nach Neigung der Anker müssen die Umlenkkräfte zusätzlich berücksichtigt werden.

Zur Verankerung der statischen Ersatzlasten aus den oberen Tragseilen müssen keine Umlenkkräfte berücksichtigt werden, sofern die Neigung der Tragseile und die Neigung der Verankerung übereinstimmen. Werden die Ersatzlasten aus den unteren und oberen Tragseilen mit

einer Verankerung in den Boden geleitet, so wirkt eine mittlere Neigung der Verankerung am günstigsten. In diesem Fall werden auch die Umlenkkräfte der oberen Tragseile relevant.

Die Verankerung der Rückhalteseile wird von verschiedenen Faktoren beeinflusst. Der Winkel (α) zwischen der Ebene der Rückhalteseile und derjenigen der Stützen sollte möglichst beibehalten werden. Zu berücksichtigen sind auch die Umlenkkräfte, die durch die Zusammenfassung von zwei Seilen auf einen Anker entstehen. Dieser kann bei einer Belastung in drei Richtungen beansprucht werden (Anhang B1).

Bei der Einwirkung auf die Fundamente der Grundplatte wird davon ausgegangen, dass diese infolge Belastung der unteren Tragseile ungefähr parallel der Bodenoberfläche beansprucht werden. Die Umlenkung der unteren Tragseile bewirkt eine Schubkraft, die im Betrag in etwa gleich gross ist wie die gemessenen Kräfte in den Seilen.

Durch die Umlenkung der oberen Tragseile und die Kräfte in den Rückhalteseilen wird in den Stützen ein Druck produziert. Dieser Druck wirkt in Richtung der Stützen zusätzlich auf das Fundament (Anhang B1).

4.6.2 Bemessung der Verankerungen und Fundamente

Heute werden die Verankerungen und Fundamente nach verschiedenen Verfahren und Konzepten bemessen. Allgemein werden die von der SIA festgelegten Last- und Widerstandsbeiwerte in Kombination mit dem in dieser Anleitung festgelegten Wert zur Berechnung der Ersatzlasten vielfach als zu hoch angesehen. Hier besteht Handlungsbedarf, damit die Bemessung der Verankerungen und Fundamente nach einheitlichen und anwendbaren Kriterien gemacht werden kann.

Wir empfehlen, die Verankerungen bei Schutznetzen gegen Steinschlag neu nach dieser Anleitung zu bemessen und nicht mehr nach SIA-Norm 267. Im Anhang B2 sind detaillierte Angaben zu den Bemessungswerten und anderen Faktoren angegeben.

Zur Bemessung der Verankerungen müssen unter anderem auch die Tragwiderstände der Verankerungen bekannt sein. Werden diese nur angenommen oder aus

Tabellen abgeschätzt so ist ein erhöhter Widerstandsbeiwert zu verwenden.

Die Tragsicherheit gilt als nachgewiesen, wenn der Bemessungswert der Einwirkung kleiner ist als der Bemessungswert des Tragwiderstandes.

Wird die Bestimmung des Tragwiderstandes mit Hilfe von Versuchen an Probeankern ermittelt, so sind die Bestimmungen im Anhang B3 massgebend.

Bei Fundamenten mit eingespannten Stützen müssen sowohl die Biegemomente (Einwirkung aus der Stütze) wie auch die Schubkräfte (Einwirkung aus dem unteren Tragseil) nachgewiesen werden.

4.6.3 Korrosionsschutz der Verankerungen und Fundamente

Die erforderlichen Korrosionsschutzmassnahmen bei Anker aus Stahl dienen dem Schutz gegen anodische Korrosion. Bei Verankerungen von Schutznetzen gegen Steinschlag kommen drei Schutzstufen zur Anwendung. Im Normalfall wird Schutzstufe 1 angewendet. Dies heisst, dass zwischen Zugglied und Bohrlochwand mindestens 20 mm Zementmörtel eingebracht wird. Zusätzlich kann auch ein Abrostungszuschlag von 2 mm verlangt werden. Ist die geplante Nutzungsdauer des Netzes nur temporär (< 5 Jahre) sind keine besonderen Massnahmen notwendig (Schutzstufe 0). Werden hingegen höhere Anforderungen an den Korrosionsschutz gestellt, so ist Schutzstufe 2 anzuwenden. Dabei wird das Zugglied in einem Hüllrohr vor Korrosion geschützt. Die Stärke des inneren Zementmörtels soll bei Werksherstellung mindestens 5 mm betragen und ausserhalb des Hüllrohres soll mindestens 20 mm Zementmörtel eingebracht werden (Tabelle 3).

Tabelle 3

Korrosionsschutzmassnahmen in Abhängigkeit der Schutzstufen.

Schutzstufe	Einbettung Zugglied	Ankerkopf
0	Keine besonderen Massnahmen	Keine besonderen Massnahmen
1 1a	<ul style="list-style-type: none"> • Zwischen Zugglied und Bohrlochwand 20 mm Zementmörtel • Abrostungszuschlag von 2 mm pro Aussenfläche 	Verzinkt
2	<ul style="list-style-type: none"> • Geripptes Hüllrohr aus Kunststoff mit bohrlochseitigem Abschluss. • Hüllrohr wird bis in den Beton geführt • Zwischen Hüllrohr und Bohrlochwand 20 mm Zementmörtel • Zwischen Zugglied und Hüllrohr 5 mm Zementstein bei werkmässiger Herstellung 	Ankerkopf einbetoniert Überdeckung mind. 50 mm
3	Wird bei Schutznetzen gegen Steinschlag nicht angewendet	

Wirken Streustromfelder z. B. in der Nähe von Bahnanlagen (Gleichstrom), so ist ebenfalls Schutzstufe 2 anzuwenden. Dabei ist darauf zu achten, dass die Mikropfähle jeweils elektrisch zu isolieren sind. Ein Beispiel dazu findet sich im Anhang B4.

4.6.4 Verwendung von Ankermörtel

Werden bei den Verankerungen Ankermörtel eingesetzt, so sollen wie im Lawinenverbau nur geprüfte Ankermörtel verwendet werden. Die Anforderungen und erforderlichen Prüfungen während dem Bau sind in der Publikation «Lawinenverbau im Anbruchgebiet; Technische Richtlinie als Vollzugshilfe» Umwelt Vollzug Nr. 0704 (BAFU und SLF; 2007) beschrieben.

Anhang A1: prioritäre Kriterien zur Leistungsbeurteilung der Netze

	ja
Flugbahnen des Wurfkörpers im Netz (Weg/Zeit Diagramme vom ersten Netzkontakt bis zur maximalen Auslenkung; mind. 100 Hz)	1
SEL1: Masse (kg), Geschwindigkeit (m/s), Bremsweg (m), Bremszeit (s)	1
SEL2: Masse (kg), Geschwindigkeit (m/s), Bremsweg (m), Bremszeit (s)	1
MEL: Masse (kg), Geschwindigkeit (m/s), Bremsweg (m), Bremszeit (s)	1
Netz der Kategorie A: Resthöhe $h_R \geq 50\% h_N$, bzw. Resthöhe $h_R \geq 65\% h_N$	1
Neigung der Referenzebene (deg)	1
SEL1: Nennhöhe (m), Resthöhe (m), Resthöhe in Prozent (%)	1
MEL: Nennhöhe (m), Resthöhe (m), Resthöhe in Prozent (%)	1
Gemessene Kräfte aus der Typenprüfung mit Angabe der Anzahl Seile (Kraft/Zeit Diagramme; Zeit = 0 bei erstem Netzkontakt; mind. 100 Hz)	1
Systemskizze mit Darstellung der Seilführung und Lage der Messzellen	1
Kraft/Weg Diagramme der Bremsen aus den statischen Versuchen	1
Massgebende Kräfte gemäss Anhang A4 berechnet und dargestellt	1
Skizze der Verankerungen und Angabe der Ersatzkräfte	1
Maximaler Bremsweg gemäss Tabelle 2 eingehalten	1
Maximale Netzlänge ohne Zwischenabspannung 60 m	1
Geflechtaufgabe vorhanden	1
Maximal zu erreichende Punktezahl	16 Punkte
Empfohlene minimale Punktezahl	16 Punkte

Anhang A2: Kriterien zur Beurteilung der Netze

Anpassungsfähigkeit	ja
Platzbedarf: Keine generell erforderlichen, talseitigen Abspannungen?	1
Keine Konstruktion mit bergseitig hochgezogenen Netzen?	1
Keine Spezialanfertigungen (Netze) bis zu einem horizontalen Versatz von 15° (siehe Abbildung unten)	1
Keine Spezialanfertigungen (Netze) bis zu einem vertikalen Versatz von 10° (siehe Abbildung unten)	1
Montagekriterien	ja
Unfallgefahr: Ist eine Rückkippsicherung bei Stützen vorhanden?*	1
Handhabung: Sind keine Seile grösser als Durchmesser 24 mm vorhanden?	1
Unterhaltskriterien	ja
Beschädigung der Grundplatte: Ist eine Sollbruchstelle am Stützenfuss vorhanden?	1
Ist der Ersatz der Bremsenlemente ohne Demontage der Seile möglich?	1
Sind Teile von Netzen ersetzbar? (bei kleinflächigen Beschädigungen)	1
Ist der Ersatz von Stützen ohne Demontage der Seile möglich?	1

* dieses Kriterium soll in jedem Fall erfüllt sein

Maximal zu erreichende Punktezahl 10 Punkte
 Empfohlene minimale Punktezahl 8 Punkte

Abbildung A2.1

Grundriss eines Schutznetzes mit 15° Versatz horizontal.

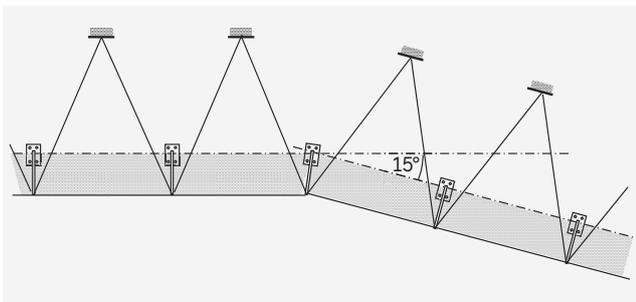
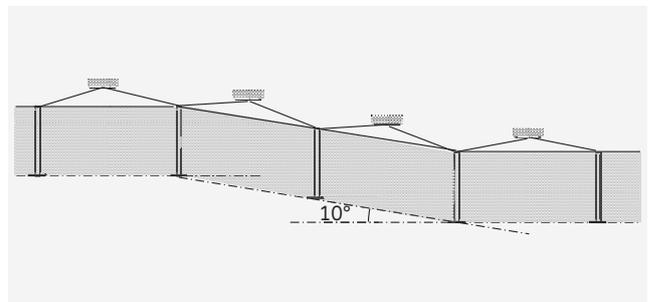


Abbildung A2.2

Ansicht eines Schutznetzes mit 10° Versatz vertikal



Anhang A3: Kriterien zur Beurteilung der Dokumentationen

A3.1 Technische Dokumentation

	ja
Sind alle einzelnen Tragelemente im Inhaltsverzeichnis ersichtlich?	1
Werte der Tragelemente	ja
Netz: Zeichnung, Abmessungen, Gewicht, Materialqualität?	1
Geflecht: Zeichnung, Abmessungen, Gewicht, Materialqualität?	1
Stützen: Zeichnung, Abmessungen, Gewicht, Materialqualität?	1
Grundplatte: Zeichnung, Abmessungen, Gewicht, Materialqualität?	1
Seile: Zeichnung, Abmessungen, Gewicht, Materialqualität?	1
Bremselemente: Zeichnung, Abmessungen, Gewicht, Materialqualität?	1
Verbindungsmitel: Zeichnung, Abmessungen, Gewicht, Materialqualität?	1
Ist das Kraft/Weg-Diagramm von Bremsenlementen vorhanden?	1
Zusammenbau der Tragelemente	ja
Sind die Seilführungen angegeben?	1
Ist die Lage und Art der Bremsenlemente angegeben?	1
Ist die Art der Befestigung des Netzes angegeben?	1
Zusätzliche Angaben zu den Kräften	ja
Sind alle maximalen Seilkräfte gemäss Prüfung angegeben?	1
Sind alle massgebenden Seilkräfte angegeben?	1
Sind alle statischen Ersatzlasten angegeben?	1
Sind alle Ankerkräfte angegeben?	1

Maximal zu erreichende Punktezahl 16 Punkte

Empfohlene minimale Punktezahl 13 Punkte

A3.2 Montageanleitung

Absteckung	ja
Sind alle Hilfsmittel zur Absteckung aufgelistet?	1
Sind die Angaben zur Absteckung der Grundlinie dargestellt?	1
Gibt es zusätzliche Angaben bei horizontalen Abweichungen?	1
Gibt es zusätzliche Angaben bei vertikalen Abweichungen?	1
Ist die Absteckung der seitlichen Verankerung dargestellt?	1
Ist die Absteckung der Rückhalteseil-Verankerung dargestellt?	1
Sind Angaben zur Absteckung von Zwischenabspannungen angegeben?	1
Montage Grundplatte	ja
Sind die benötigten Hilfsmittel aufgelistet?	1
Sind die einzelnen Teile der Grundplatte dargestellt?	1
Ist die Lage, Richtung und Neigung der Platte ersichtlich?	1
Montage Stützen	ja
Sind die einzelnen Teile der Stütze dargestellt?	1
Sind die Unterschiede der Stützen (Rand, Mittelfeld) dargestellt?	1
Ist, falls erforderlich, eine Vormontage von Seilen dargestellt?	1
Ist die Rückkippisicherung dargestellt?	1
Ist die vorgesehene Neigung der Stütze ersichtlich?	1
Montage der Seile	ja
Rückhalteseile:	
Sind die einzelnen Teile dargestellt?	1
Ist die Montage von Bremsen, falls erforderlich, dargestellt?	1
Sind die Verbindungsmittel (z. B. Schängelgrösse) dargestellt?	1
Seitliche Abspannung:	
Sind die einzelnen Teile dargestellt?	1
Sind die Verbindungsmittel (z. B. Schängelgrösse) dargestellt?	1
Untere Tragseile:	
Sind die einzelnen Teile dargestellt?	1
Ist die Montage von Bremsen, falls erforderlich, dargestellt?	1
Sind die Verbindungsmittel (z. B. Schängelgrösse) dargestellt?	1
Obere Tragseile:	
Sind die einzelnen Teile dargestellt?	1
Ist die Montage von Bremsen, falls erforderlich, dargestellt?	1
Sind die Verbindungsmittel (z. B. Schängelgrösse) dargestellt?	1
Fangseile (falls vorhanden):	
Sind die einzelnen Teile dargestellt?	(1)
Ist die Montage von Bremsen, falls erforderlich, dargestellt?	(1)
Sind die Verbindungsmittel (z. B. Schängelgrösse) dargestellt?	(1)
Zwischenabspannungen:	
Sind die einzelnen Teile dargestellt?	1
Ist die Montage von Bremsen, falls erforderlich, dargestellt?	1
Sind die Verbindungsmittel (z. B. Schängelgrösse) dargestellt?	1
Montage der Netze:	
Sind die einzelnen Netzteile dargestellt?	1
Ist eine Vormontage von Netzteilen, falls erforderlich, dargestellt?	1
Sind die Verbindungsmittel (z. B. Schängelgrösse) dargestellt?	1
Ist der Montagevorgang insgesamt und für alle Netzteile dargestellt?	1
Abschluss der Montage:	
Ist die Montage der Geflechtauflage dargestellt?	1
Ist die Anzahl der Befestigungspunkte dargestellt?	1
Ist eine Checkliste zur Endkontrolle der Montage vorhanden?	1
Sind die Anziehungsmomente für Drahtseilklemmen angegeben?	1
Sind Hinweise auf mögliche Unfallgefahren angegeben?	1

A3.3 Wartungshandbuch

Inspektion	ja
Sind zeitliche Intervalle für die Inspektion angegeben?	1
Sind Kriterien der Inspektion angegeben?	1
Ist ein Kontrollblatt als Protokollbeispiel vorhanden?	1
Instandsetzung	ja
Sind Kriterien der Instandsetzung angegeben?	1
Ist angegeben, wann das Netz ersetzt werden soll?	1
Ist angegeben, wann das Geflecht ersetzt werden soll?	1
Ist angegeben, wann die Stützen ersetzt werden sollen?	1
Ist angegeben, wann die Grundplatte ersetzt werden soll?	1
Ist angegeben, wann die Seile ersetzt werden sollen?	1
Ist angegeben, wann die Bremsen ersetzt werden sollen?	1
Ist angegeben, wann die Verbindungsmittel ersetzt werden sollen?	1
Reparaturarbeiten	ja
Sind die Reparaturarbeiten beschrieben?	1
Ist der Vorgang zur Reparatur des Netzes beschrieben?	1
Ist der Vorgang zur Reparatur des Geflechtes beschrieben?	1
Ist der Vorgang zur Reparatur von Stützen beschrieben?	1
Ist der Vorgang zur Reparatur der Grundplatte beschrieben?	1
Ist der Vorgang zur Reparatur von Seilen beschrieben?	1
Ist der Vorgang zum Ersetzen von Bremsen beschrieben?	1
Ist der Vorgang zum Ersetzen von Verbindungsmitteln beschrieben?	1

Maximal zu erreichende Punktezahl 19 Punkte

Empfohlene minimale Punktezahl 15 Punkte

Anhang A4: Berechnung der massgebenden Seilkräfte

In den Dokumenten welche aus der europäischen Typenprüfung hervorgehen sind die einzelnen Messwerte jeder Prüfung dokumentiert. Diese lassen sich nicht in allen Belangen mit den Resultaten aus anderen europäischen Prüfungen vergleichen. Vor allem die Angaben über die gemessenen Kräfte können nicht ohne weiteres mit denjenigen anderer Netztypen verglichen werden. Die Kräfte sind aber die wichtigste Grundlage, um das typengeprüfte Netz im Rahmen eines Projektes im Boden verankern zu können. Mit den in diesem Anhang A4 dargestellten Methoden werden einheitliche Regeln geschaffen, damit die Kräfte von verschiedenen Netztypen miteinander verglichen werden können. Die unterschiedlichen Bedingungen der einzelnen Prüfanlagen werden berücksichtigt und es wird auch gezeigt wie aus den Messwerten, die zu unterschiedlichen Zeiten auftreten können, die massgebenden Seilkräfte berechnet werden.

Aus den massgebenden Seilkräften werden anschliessend die statischen Ersatzlasten berechnet. Diese werden vom Hersteller des Schutznetzes in Richtung und Grösse in den Dokumenten deklariert. Diese statischen

Ersatzlasten können mit denjenigen anderen Herstellern verglichen werden und sie bilden die Grundlage für die Bemessung der Verankerung und Fundamente.

A4.1 Anordnung der Tragseile bei der Typenprüfung

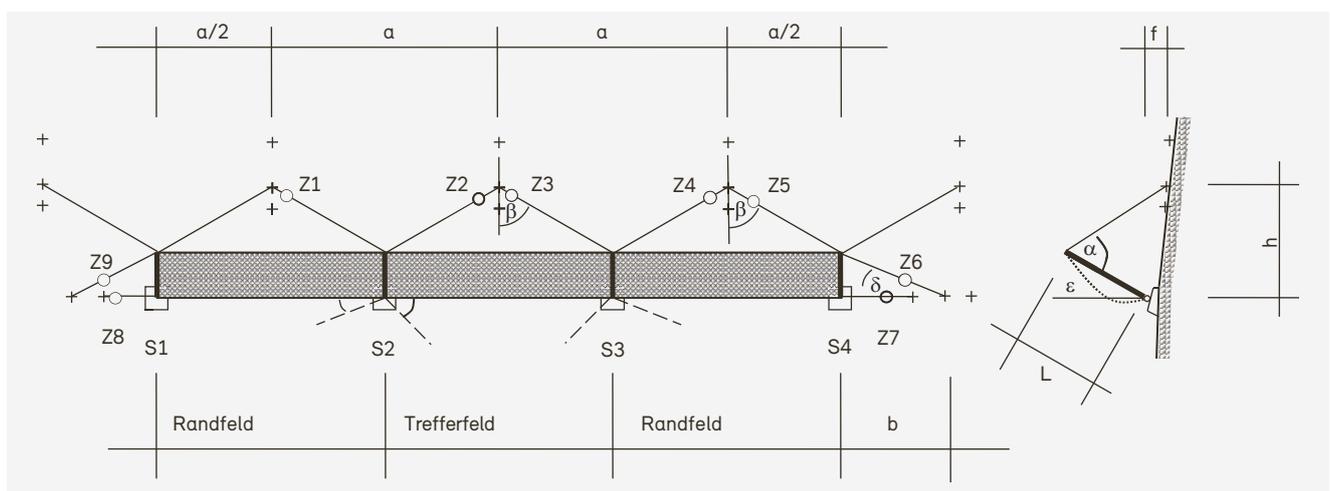
Die Geometrie der Schutznetze respektive der Tragelemente (Stützen, Netz, Seile, Verankerungen) während der Typenprüfung ist massgebend, um mit den resultierenden Kräften weitere Berechnungen machen zu können. Deshalb müssen die Schutznetze mit den effektiven Massen dargestellt und die massgebenden Winkel berechnet werden. Es sind dies einerseits der Winkel α in der Vertikalebene zwischen der Stützebene und der Ebene der Rückhalteseile und andererseits der Winkel β zwischen der Senkrechten auf der Verankerungslinie und den Rückhalteseilen in der Ebene der Rückhalteseile (Abbildung A4.1).

Der Winkel α wird benötigt, um die resultierenden Kräfte bei der Verankerung der Rückhalteseile zu bestimmen

Abbildung A4.1

Anordnung der Tragseile und Messzellen.

- Netz
- Stütze mit Fundament
- + + + Verankerungsstellen
- Tragseil mit Messzellen Z1–Z9



(in der Vertikalebene). Er setzt sich aus der Neigung der Stützebene (ε) und aus der Neigung der Rückhalteseilebene zusammen. Die Neigung der Rückhalteseilebene ist ihrerseits abhängig von der Stützenlänge L und der Lage f der Verankerung (in unserem Beispiel sind die mittleren Verankerungsstellen verwendet worden). Mit dieser Verankerung berechnet sich der Winkel α zu:

$$\alpha = \varepsilon + \arctan \frac{h - L \times \sin \varepsilon}{L \times \cos \varepsilon + f} \quad (1)$$

Der Winkel β wird benötigt, um die resultierenden Kräfte in der Ebene der Rückhalteseile zu berechnen. Zur Berechnung des Winkels β muss in der Ebene der Rückhalteseile der Abstand a zwischen den Stützen und der Abstand zwischen dem Stützenkopf und der Verankerung berücksichtigt werden. Für die mittlere Reihe der Verankerungen ergibt sich ein Winkel β von:

$$\beta = \arctan \frac{a \div 2}{\sqrt{(h - L \times \sin \varepsilon)^2 + (L \times \cos \varepsilon + f)^2}} \quad (2)$$

Der Winkel δ wird benötigt, um die Richtung der Kräfte in den oberen Tragseilen bei der seitlichen Verankerung zu bestimmen. Zur Berechnung dieses Winkels δ muss in der Ebene der Randstütze der Abstand zwischen Verankerung und Stützenfuß sowie die Stützenlänge berücksichtigt werden. Für die seitliche Verankerung ergibt sich ein Winkel δ von:

$$\delta = \arctan \frac{L}{b} \quad (3)$$

A4.2 Kräfte in unteren Tragseilen

Die Zugkräfte in den unteren Tragseilen werden seitlich bei den Verankerungsstellen gemessen (Z7, Z8). In fast allen Fällen liegt die Krafrichtung in Richtung der Stützenfußlinie und deshalb sind meist Horizontalkräfte in die Verankerungen einzuleiten. Als massgebende Horizontalkräfte können die gemessenen Kräfte respektive die Summen der gemessenen Kräfte bezeichnet werden. Die einzelnen Werte der Messungen sind zeitgleich zu addieren. Der maximale Wert dieser Addition wird als massgebende Kraft in den unteren Tragseilen bezeichnet.

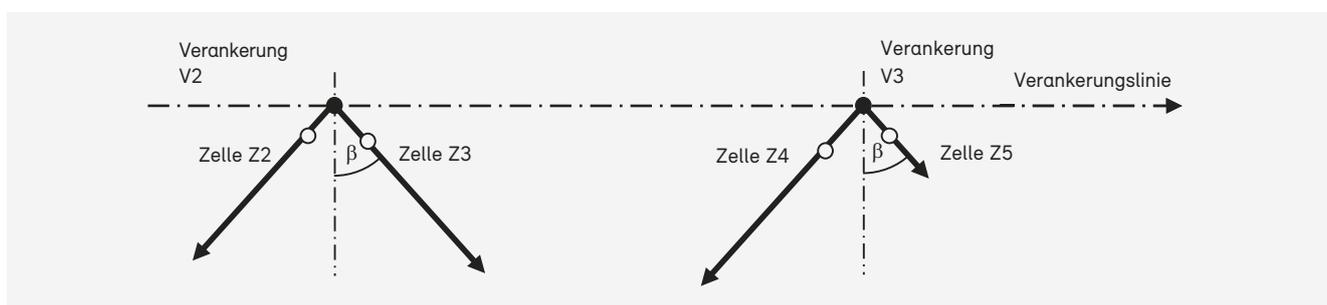
A4.3 Kräfte in oberen Tragseilen

Die Zugkräfte in den oberen Tragseilen werden ebenfalls seitlich bei den Verankerungsstellen gemessen (Z6, Z9). Die Krafrichtung liegt schräg zur Stützenfußlinie unter einem Winkel δ . Dieser Winkel δ muss zur Festlegung der massgebenden Kräfte berücksichtigt werden. Die einzelnen Werte der Messungen sind zeitgleich zu addieren. Der maximale Wert dieser Addition wird als massgebende Kraft in den oberen Tragseilen bezeichnet. Es resultieren sowohl massgebende Kräfte in horizontaler Richtung wie auch rechtwinklig dazu.

A4.4 Kräfte in den Fangseilen

Fangseile sind jene horizontal verlaufenden Seile, welche zwischen den oberen und unteren Tragseilen parallel zu diesen eingebaut werden. Nicht alle Systeme verfügen über solche Fangseile.

Abbildung A4.2
Maximale Kräfte in der Ebene der Rückhalteseile.



Die Zugkräfte in den Fangseilen werden seitlich bei den Verankerungsstellen gemessen. Die Krafrichtung liegt schräg zur Stützenfusslinie unter einem Winkel δ . Dieser Winkel δ muss zur Festlegung der massgebenden Kräfte berücksichtigt werden. Die einzelnen Werte der Messungen sind zeitgleich zu addieren. Der maximale Wert dieser Addition wird als massgebende Kraft in den Fangseilen bezeichnet. Es resultieren sowohl massgebende Kräfte in horizontaler Richtung wie auch rechtwinklig dazu.

A4.5 Kräfte in Rückhalteseilen

Aus den Messungen der Zellen Z1–Z5 resultieren maximale Kräfte in den einzelnen Rückhalteseilen. Vielfach liegt der Maximalwert in den vom Trefferfeld nach aussen gerichteten Rückhalteseilen Z1 oder Z4 (Abbildung A4.1). Es sind aber auch schon Maximalwerte in den Rückhalteseilen Z2 oder Z3 im Zentrum gemessen worden. Es stellt sich nun die Frage, welche der beiden Verankerungen V2 oder V3 mehr belastet worden ist (Abbildung A4.2).

Um diese Frage zu beantworten, können nicht nur die Maximalwerte vektoriell addiert werden, sondern es ist zusätzlich der Zeitpunkt des Auftretens der Maximalwerte zu berücksichtigen. Mit der Addition der zeitgleichen Kraftkomponenten in einem Bereich von zirka 0,5 Sekunden kann festgestellt werden, wie hoch die massgebenden Kräfte sind und in welche Richtung diese wirken (Beispiel in der Abbildung A4.5).

Zur Ermittlung der massgebenden Maximalwerte werden vorerst die gemessenen Kräfte in der Ebene der Rückhalteseile mit Hilfe des Winkels β vektoriell addiert. Dabei

werden bei Verankerung V2 die Messwerte der Zellen Z2 und Z3 addiert und bei Verankerung V3 die Werte der Zellen Z4 und Z5. Resultierende Kräfte $V2_p$ und $V3_p$ in Richtung senkrecht zur Verankerungslinie ergeben sich mit nachfolgenden Formeln:

$$V2_p = \cos \beta (Z2 + Z3) \text{ resp. } V3_p = \cos \beta (Z4 + Z5) \quad (4)$$

In Richtung der Verankerungslinie sind die resultierenden Kräfte $V2_o$ und $V3_o$ mit nachfolgenden Formeln zu berechnen:

$$V2_o = \sin \beta (Z3 - Z2) \text{ resp. } V3_o = \sin \beta (Z5 - Z4) \quad (5)$$

Dabei ergeben sich zwei Maxima; eines in Richtung $_p$ senkrecht zur Verankerungslinie und eines in Richtung $_o$ der Verankerungslinie (Abbildung A4.3).

Die massgebenden Kräfte ergeben sich nun aus dem Vergleich der resultierenden Maxima. Massgebend wird ein Maximum in Richtung $_p$ aber auch das Maximum in Richtung $_o$. Bei der Verankerung von Rückhalteseilen ergeben sich deshalb zwei Maximalwerte in der Ebene der Rückhalteseile.

A4.6 Statische Ersatzlasten

Die in den vorangehenden Kapiteln beschriebenen Kräfte beziehen sich auf die gemessenen Seilkräfte während der Typenprüfung respektive auf die daraus berechneten massgebenden, resultierenden Kräfte F_s bei den Verankerungen. Gemäss Erfahrungen und der ausser Kraft gesetzten Richtlinie über die Typenprüfung von Schutz-

Abbildung A4.3 Resultierende Kräfte in Richtung der Verankerungslinie und senkrecht dazu.

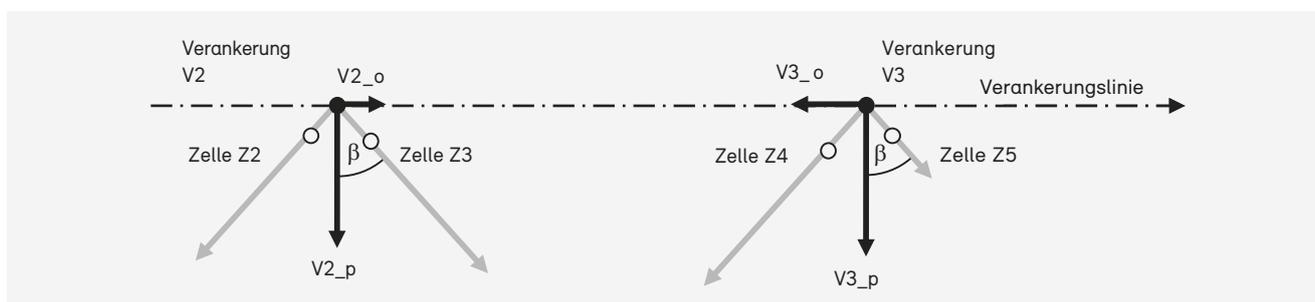
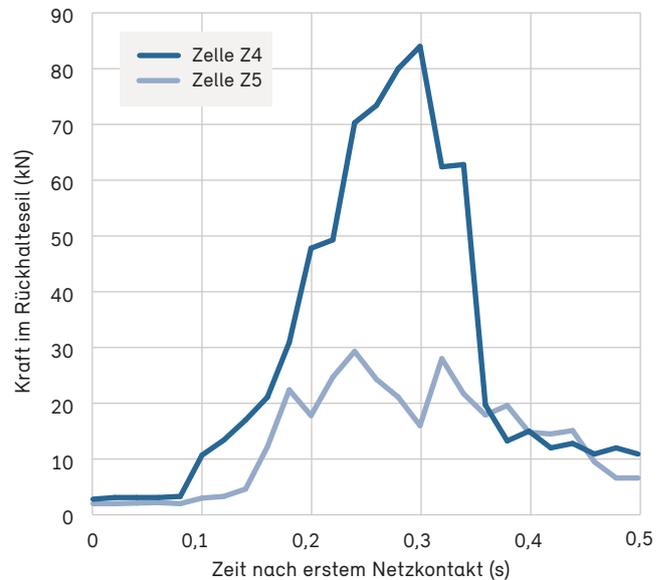
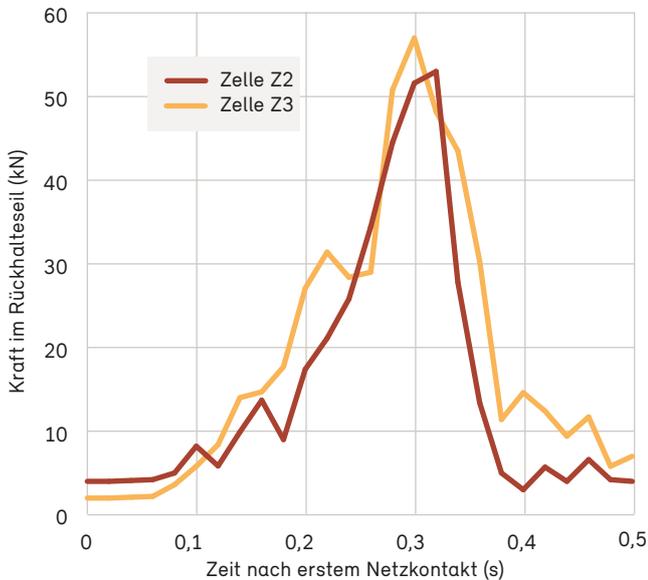


Abbildung A4.4

Beispiel von gemessenen Kräften in Rückhalteseilen.



netzen gegen Steinschlag (vgl. Kapitel 3) sind die resultierenden Kräfte F_s generell mit einem Zuschlag von 30% zu erhöhen. Die um den Faktor $\gamma_E = 1,3$ erhöhten Kräfte sind als statische Ersatzlasten E_s in die Dokumente der Hersteller einzuführen. Es gilt:

$$E_s = F_s \times \gamma_E \tag{6}$$

Der Beiwert γ_E ist eher als ein «Unsicherheitsfaktor» zu betrachten und nicht als ein «Sicherheitsfaktor». Bei der Typenprüfung werden die Schutznetze nämlich mit «wohlgeformten» Wurfkörpern exakt zentrisch belastet. Dies trifft aber in der Natur nicht oder nur sehr selten zu. Das Vorgehen bei der Typenprüfung ist optimal um den Anspruch einer vergleichbaren Belastung in den Netzen zu erfüllen, aber nicht ausreichend um einzelne Tragelemente maximal zu beanspruchen. Bei nicht zentrischer Belastung ist die Wahrscheinlichkeit gross, dass die Kräfte in einzelnen Tragelementen noch grösser sein können.

A4.7 Beispiel zur Berechnung der massgebenden Kräfte in Rückhalteseilen

An der Typenprüfung, die in unserem Beispiel vertikal erfolgt ist, des nachstehend beschriebenen Schutznetzes

sind folgende Werte deklariert worden: Mit der Stützlänge L und den Abständen f und h der Verankerungsstelle vom Fundament können die beiden Winkel α und β berechnet werden (Abbildung A4.1).

Mit der Gleichung in Formel (1)

$$\alpha = \varepsilon + \arctan \frac{h - L \times \sin \varepsilon}{L \times \cos \varepsilon + f} \tag{1}$$

und den Werten $L = 3,5 \text{ m}$, $f = 0,7 \text{ m}$ und $h = 5 \text{ m}$ ergibt sich der Winkel $\alpha = 71^\circ$

Der Winkel β wird mit Formel (2)

$$\beta = \arctan \frac{a \div 2}{\sqrt{(h - L \times \sin \varepsilon)^2 + (L \times \cos \varepsilon + f)^2}} \tag{2}$$

und den Werten $a = 10 \text{ m}$, $L = 3,5 \text{ m}$, $f = 0,7 \text{ m}$ und $h = 5 \text{ m}$ zu $\beta = 45,3^\circ$ berechnet.

Aus den Zellen Z2–Z5 resultieren die in den Rückhalteseilen gemessenen Kräfte (Abbildung A4.4). Da die Richtungen dieser Kräfte teilweise entgegengesetzt wirken, kann daraus nicht direkt eine maximale Belastung der Verankerung abgeleitet werden. Um die maximal wirkende Kraft zu berechnen, werden die einzelnen Messwerte

Abbildung A4.5
Resultierende Kräfte in den Verankerungen V2 und V3 mit Angabe der Richtung.

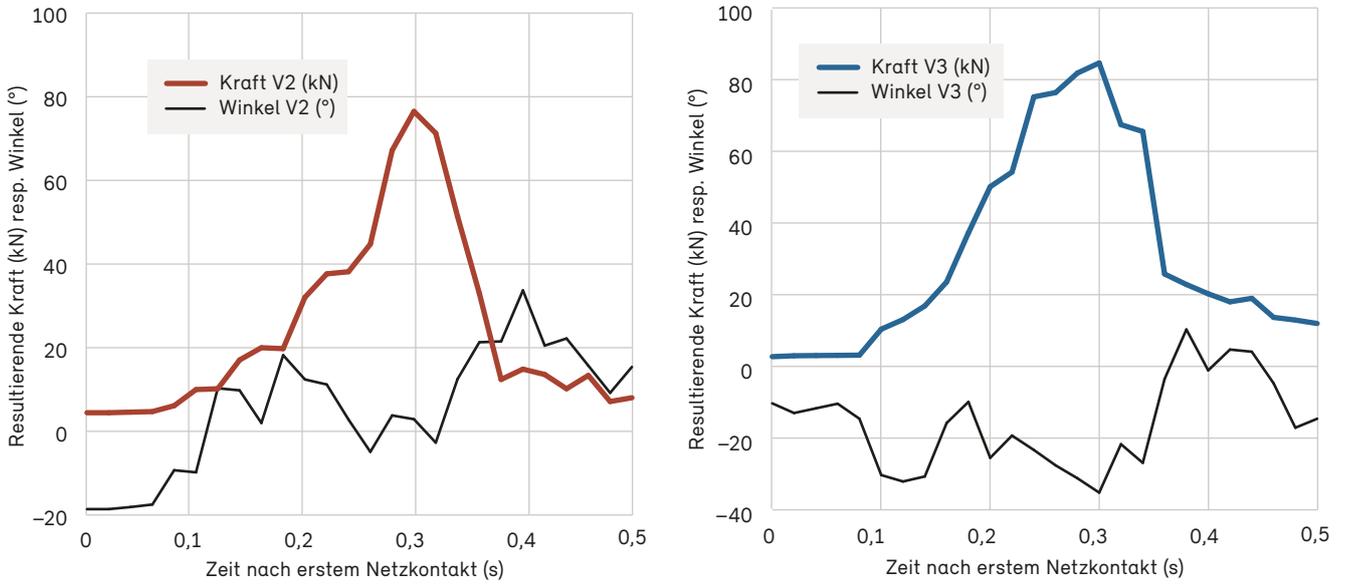


Abbildung A4.6
Resultierende Kraft-Komponenten _p und _o im Zeitintervall von 0,5 Sekunden.

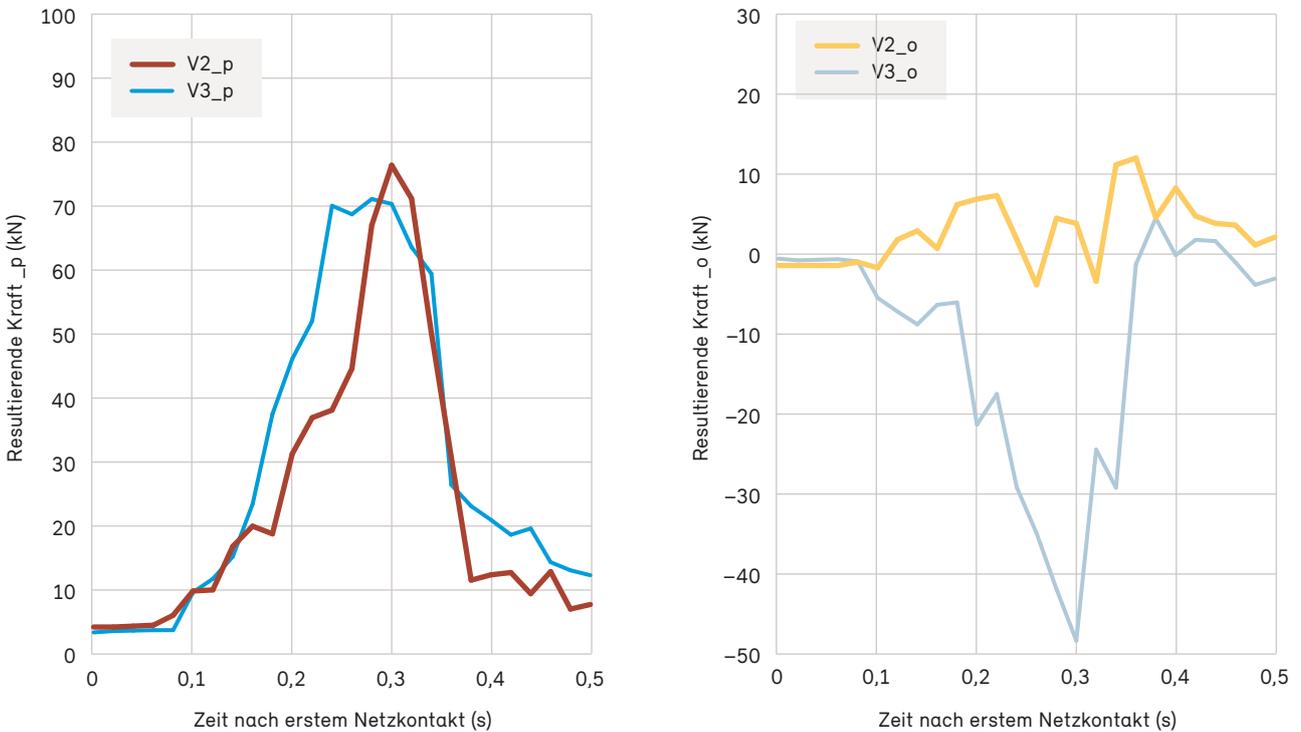


Tabelle A4.1
Massgebende Kräfte in Rückhalteseilen (Beispiel).

	Z2	V2	Z3	Z4	V3	Z5
Maximale Kräfte in Rückhalteseilen	54 kN		57 kN	84 kN		29 kN
Resultierende an Verankerungen		75 kN			86 kN	
Richtung der Resultierenden		4°			34°	
Maximum in Richtung <i>_p</i>		77 kN			72 kN	
Maximum in Richtung <i>_o</i>		13 kN			48 kN	
Massgebende Kraft <i>_p</i>		77 kN				
Massgebende Kraft <i>_o</i>					48 kN	

vektoriell addiert und gleichzeitig auch die Richtung der Resultierenden berechnet.

Die resultierenden Kräfte und ihre Richtung bei den Verankerungen V2 und V3 sind in Abbildung A4.5 dargestellt. Diese Angaben sind aber nicht hinreichend, um die Verankerung zu bemessen. Es müssen auch die maximalen Werte in der Verankerungslinie und senkrecht dazu bekannt sein. Diese lassen sich nach den unten beschriebenen Formeln berechnen.

Bei der Berechnung der maximalen Kraft an der Verankerungsstelle V2 werden sich zwei Maximalwerte ergeben, einer in Richtung *_o* der Verankerungslinie und einer senkrecht dazu in Richtung *_p*. Ebenso werden bei der Verankerungsstelle V3 zwei Resultate erwartet (Abbildung A4.3)

Die Berechnungen der maximalen Werte erfolgen mit den Formeln (4) und (5).

$$V2_p = \cos \beta (Z2 + Z3) \text{ resp. } V3_p = \cos \beta (Z4 + Z5) \quad (4)$$

$$V2_o = \sin \beta (Z3 - Z2) \text{ resp. } V3_o = \sin \beta (Z5 - Z4) \quad (5)$$

Erst mit diesen Resultaten zeigen sich die effektiven Beanspruchungen der Verankerungen und deren Unterschiede. Massgebend für die weiteren Berechnungen sind die Maximalwerte in den Richtungen *_p* und *_o* (Abbildung A4.6). Die Resultate sind in Tabelle A4.1 zusammengefasst.

Statische Ersatzlasten

Aus den massgebenden Kräften F_s in Richtung *_o* der Verankerungslinie und in Richtung *_p* senkrecht dazu werden die statischen Ersatzlasten mit einer Erhöhung um 30% gerechnet. Es resultieren Werte E_s von 100 kN in Richtung *_p* und 62 kN in Richtung *_o*.

Tabelle A4.2
Massgebende Kräfte in Rückhalteseilen und statische Ersatzlast.

	V2	V3
Massgebende Kraft <i>_p</i>	77 kN	
Massgebende Kraft <i>_o</i>		48 kN
Statische Ersatzlast <i>_p</i>	100 kN	
Statische Ersatzlast <i>_o</i>		62 kN

Anhang A5: Inhalt eines Beurteilungsberichtes

1 Einleitung

- 1.1 Allgemeines
- 1.2 Anforderungen an die Dokumente
- 1.3 Prioritäre technische Anforderungen
- 1.4 Kriterien zur Beurteilung der Netze

2 Verwendete Unterlagen

3 Methoden der Beurteilungen

- 3.1 Massgebende Kräfte
- 3.2 Abbremsvorgänge

4 Resultate der einzelnen Kriterien

- 4.1 Prioritäre Kriterien
 - Flugbahnen der Wurfkörper; Abbremsvorgänge;
 - Maximale Verzögerungen und Kräfte; Nennhöhe und Resthöhe; Massgebende Seilkräfte; Berechnung der Ankerkräfte; Zwischenabspannung; Geflechtauflage
- 4.2 Beurteilung der Netze
- 4.3 Beurteilung der Dokumentation
 - 4.3.1 Technische Dokumentation
 - 4.3.2 Montageanleitung
 - 4.3.3 Wartungshandbuch

5 Zusammenfassung

Anhang A1: Prioritäre Kriterien zur Leistungsbeurteilung der Netze

Anhang A2: Kriterien zur Beurteilung der Netze

Anhang A3: Kriterien zur Beurteilung der Dokumentationen

- A3.1 Technische Dokumentation
- A3.2 Montageanleitung
- A3.3 Wartungshandbuch

Anhang B1: Einwirkungen auf Verankerungen und Fundamente

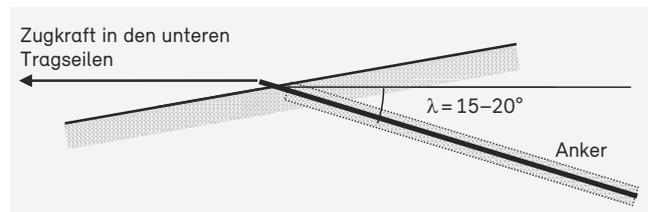
B1.1 Anordnung der Schutznetze im Gelände

Im Gelände sind die Schutznetze nach den Angaben der Hersteller zu montieren. Je nach Geländeneigung (ψ) und anderen Bedingungen treten verschiedene Stützenneigungen (ε) auf. Vielfach kann die Situation im Gelände durch eine Drehung der geometrischen Anordnung bei der Typenprüfung hergeleitet werden (Abbildung B1.1). Beispielsweise ergibt sich durch eine Drehung von 45° die Installation eines Schutznetzes in einem Gelände mit der Neigung von $\psi = 30^\circ$. Die im Gelände auftretenden Winkel sind mit den Bedingungen während der Typenprüfung zu vergleichen. Von allen Winkeln ist die Neigung zwischen der Stützebene und der Ebene der Rückhalteseile näher zu betrachten. Dieser Winkel α sollte ungefähr ($\pm 10^\circ$) den gleichen Betrag, wie an der Typenprüfung aufweisen, um nicht noch zusätzliche Umrechnungen machen zu müssen.

B1.2 Verankerung der unteren Tragseile

Die Kräfte in den unteren Tragseilen verlaufen meist mehr oder weniger horizontal und können aber nur in Ausnahmefällen ebenfalls horizontal verankert werden. Die Anker zur Aufnahme der Zugkräfte werden meist mit einer Neigung von $\lambda = 15 - 20^\circ$ gegenüber der Horizontalen ein-

Abbildung B1.2
Seitliche Anordnung der Anker für untere Tragseile.



gebaut (Abbildung B1.2). Die bei der Umlenkung entstehenden Kräfte in der Größenordnung von 25 – 35 % sind ebenfalls in den Untergrund abzuleiten. Dabei ist speziell auf die Anforderungen des Korrosionsschutzes bei der Verankerung zu achten (ev. Betonfundament).

B1.3 Verankerung der oberen Tragseile

Die in den oberen Tragseilen wirkenden Kräfte verlaufen schräg unter einem Winkel δ gegenüber der Horizontalen. In vielen Fällen wird noch ein separates, ebenfalls schräges, seitliches Abspannseil zur Fixierung des Stützenkopfes montiert. Dieses verläuft meistens unter dem gleichen Winkel δ . Werden diese beiden Kräfte an einem Anker abgeleitet, so ist der Anker möglichst im gleichen

Abbildung B1.1
Schematische Darstellung der Vertikalanlage und Schutznetze im Gelände.

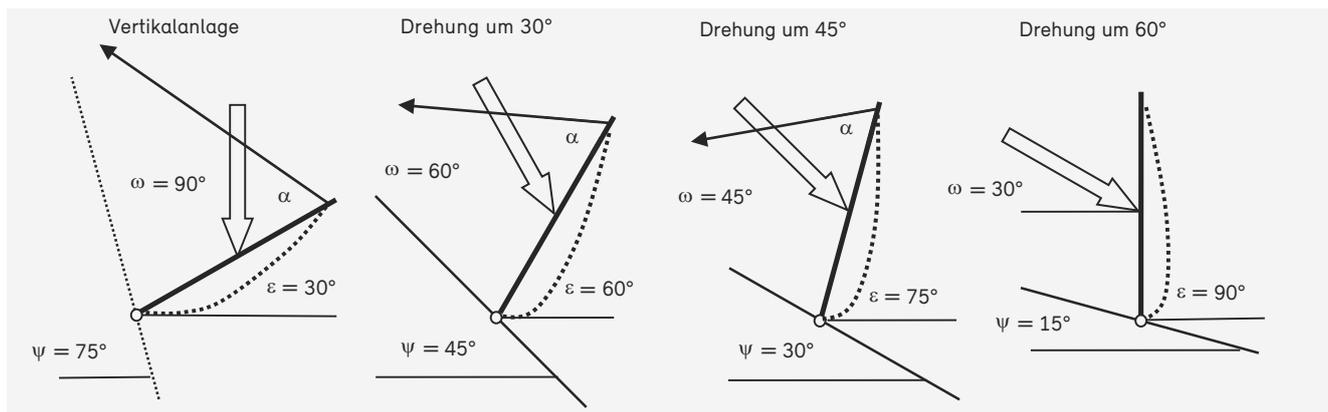


Abbildung B1.3

Seitliche Anordnung der Anker für obere Tragseile.

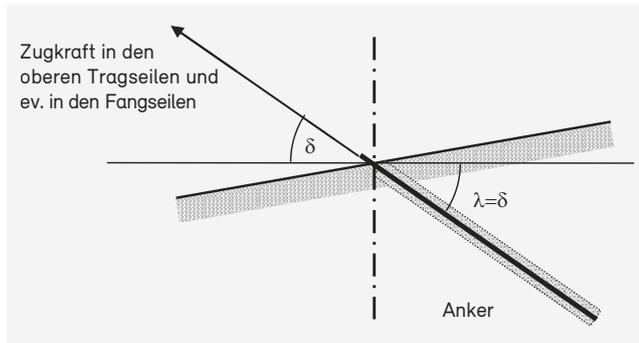
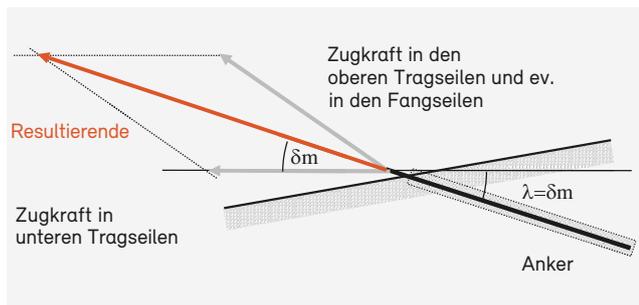


Abbildung B1.4

Anordnung der Anker mit oberen und unteren Tragseilen.



Winkel einzubauen (Abbildung B1.3). In dieser Anordnung entstehen keine zusätzlichen Umlenkkräfte.

Werden hingegen die unteren und oberen Kräfte auf eine Verankerung zusammengefasst, so sind die Kräfte vektoriell zu addieren und aus den horizontalen und vertikalen Werten ist die Resultierende zu ermitteln. Diese weist eine mittlere Krafrichtung δ_m auf und die Verankerung sollte auch unter diesem Winkel δ_m eingebaut werden (Abbildung B1.4).

Bei dieser Anordnung entstehen auch Querkräfte auf die Verankerung, die es zu beachten gilt. Wie gross diese sind, lässt sich allgemein nicht voraussagen. Die Querkräfte resultieren aus den zu verschiedenen Zeitpunkten auftretenden Kraftmaxima in den unteren und oberen Tragseilen. Die Querkräfte sind bei dieser Anordnung der Verankerung nachzuweisen.

B1.4 Verankerung der Rückhalteseile

Für die maximale Belastung einer Verankerung von Rückhalteseilen sind in der Ebene der Rückhalteseile zwei maximale Werte massgebend; einer in Richtung $_p$ senkrecht zur Verankerungslinie und einer in Richtung $_o$ der Verankerungslinie (Abbildung A4.3).

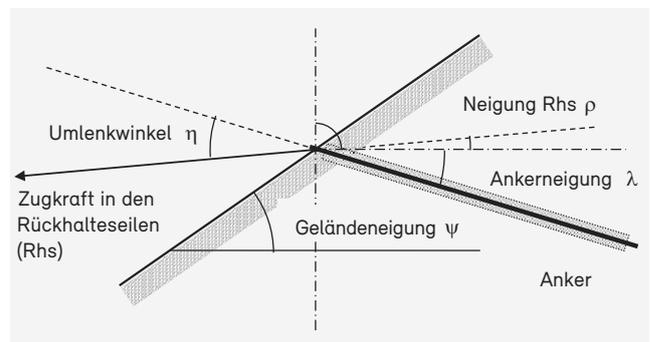
Die Verankerungen können aber nicht in der gleich schiefen Neigung eingebaut werden wie diese Kräfte wirken. Die Verankerungen weisen meist eine Neigung von $\lambda = 15 - 20^\circ$ auf und deshalb treten bei der Verankerung von Rückhalteseilen immer auch Umlenkwinkel auf. Die Grösse dieser Umlenkwinkel η ist hauptsächlich abhängig von der Neigung λ der Verankerung und der Neigung der Rückhalteseile ρ (Abbildung B1.5). Der massgebende Umlenkwinkel η kann mit nachfolgender Formel berechnet werden. Es gilt:

$$\eta = \rho + \lambda \tag{7}$$

Es soll darauf geachtet werden, dass der Umlenkwinkel η durch geeignete Wahl der Stützenneigung ε und der Ankerneigung λ minimiert werden kann.

Abbildung B1.5

Anordnung der Anker bei Rückhalteseilen.



Durch diesen Umlenkwinkel η werden die Verankerungen bei den Rückhalteseilen noch zusätzlich in eine dritte Richtung belastet. Die massgebenden Kräfte in Richtung $_p$ senkrecht zur Verankerungslinie (Abbildung A4.3) belasten den Anker in der eigenen Achse und senkrecht dazu. Auch diese Querkräfte sind bei der Bemessung der Verankerung zu berücksichtigen.

B1.5 Einwirkungen auf Fundamente

Können an den Stützenfundamenten bei der Typenprüfung keine Kraftmessungen durchgeführt werden, dann müssen zur Bemessung der Fundamente Kräfte zu Grunde gelegt werden. Einerseits sind dies die Stützendruckkräfte und andererseits die Schubkräfte, die infolge Umlenkung der unteren Tragseile entstehen.

Die Stützendruckkräfte können nur mit relativ grossem Aufwand aus den Kräften in den Rückhalteseilen ermittelt werden. Dabei müsste der Winkel zwischen der Ebene der Rückhalteseile und der Ebene der Stützen ermittelt werden. Erschwerend kommt hinzu, dass sich dieser Winkel während der Belastung ändert. Dies weil sich die Rückhalteseile verlängern und sich die Stützen nach unten drehen. Im Allgemeinen werden die Stützendruckkräfte bei der Bemessung der Fundamente nicht nachgewiesen.

Zur Bemessung der Fundamente werden deshalb die Schubkräfte alleine massgebend. Diese können mit Hilfe der Umlenkwinkel der unteren Tragseile berechnet werden. Verschiedene Auswertungen von Videobildern zeigen bei tiefster Lage des Wurfkörpers im Allgemeinen maximale Umlenkwinkel bei den Stützen im Trefferfeld von ca. 45° und im Randfeld von ca. 20° (Abbildung B1.6).

Aus diesen Zahlen lässt sich ein Faktor von $\sin 45^\circ + \sin 20^\circ$ berechnen, mit welchem die maximale Schubkraft in Funktion der maximalen unteren Seilskraft ausgedrückt werden kann. Dieser Faktor beträgt zirka 1.0 und somit kann der Betrag der Schubkraft gleich dem Betrag der unteren Seilskraft gesetzt werden. Bei diesen Überlegungen sind allerdings die Reibungskräfte vernachlässigt worden. Da auch diese Kräfte noch unbekannt sind, können sie auch nicht berücksichtigt werden.

Die Richtung der maximalen Schubkraft kann ungefähr parallel zur Richtung des Geländes angenommen werden. In speziellen Fällen, die von diesem allgemeinen Beispiel abweichen, ist die Schubkraft am Fundament separat nachzuweisen.

In Lockermaterial können die Lasten nicht direkt in den Boden eingeleitet werden, sondern müssen mit Zug- und

Abbildung B1.6

Lage der unteren Tragseile bei maximaler Belastung.

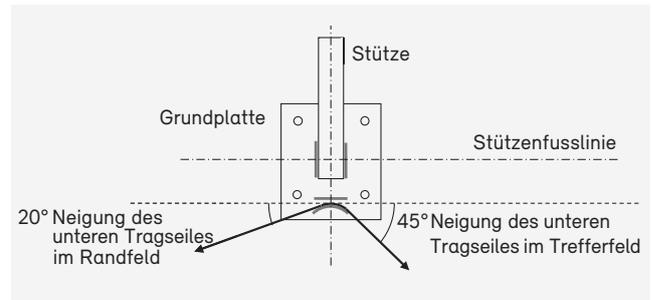
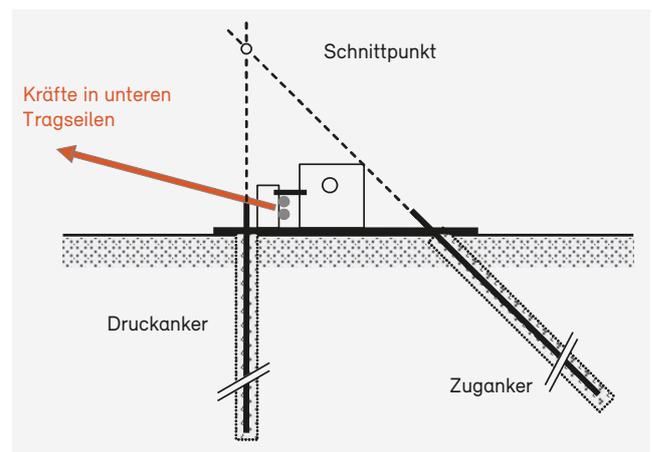


Abbildung B1.7

Lage der unteren Tragseile bei maximaler Belastung.



Druckankern (Mikropfählen) übertragen werden. Dies geschieht mit Hilfe von Grundplatten aus Stahl, welche die Kräfte aus Stützen und Seilen in die Pfähle übertragen. Aus konstruktiven Gründen liegt der Lastangriffspunkt der unteren Tragseile nicht im Schnittpunkt der Pfähle (Abbildung B1.7). Dies bewirkt, dass die Kräfte nicht mit reinen Axialkräften (Zug- und Druckkräften) sondern auch mit Querkräften (Schubkräften) in den Boden übertragen werden. Es wird empfohlen, mit Hilfe einer Beurteilung der Steifigkeit bzw. mit der Ausbildung des Anschlusses Mikropfähle an die Grundplatte, die Schubkräfte auf beide Pfähle zu verteilen. Mit Hilfe eines kleinen Betonfundamentes können die Zug- und Druckkräfte mit kleineren Querkräften auf die Mikropfähle verteilt werden (Abbildung B1.7).

Zug- und Druckanker sind auf jeden Fall so anzuordnen, dass der Schnittpunkt der Wirkungslinien über den Krafteinleitungspunkten der unteren Tragseile und der Stütze liegen, wobei ein minimaler Abstand zur Reduktion der Schubkräfte in den Anker anzustreben ist.

B1.6 Einfluss des Umlenk winkels

In den vorangehenden Kapiteln ist der Umlenk winkel η mehrfach angesprochen worden und in diesem Kapitel soll näher auf ihn eingegangen werden. Werden die Anker nicht in Zugrichtung der Beanspruchung eingebaut, sondern mit einem Umlenk winkel, so entstehen Querdruckkräfte oder Querkräfte und diese sind bei der Bemessung der Anker zu berücksichtigen. Es ist zu gewährleisten, dass die

Abbildung B1.8
Abhängigkeit der Querdruckkräfte vom Umlenk winkel.

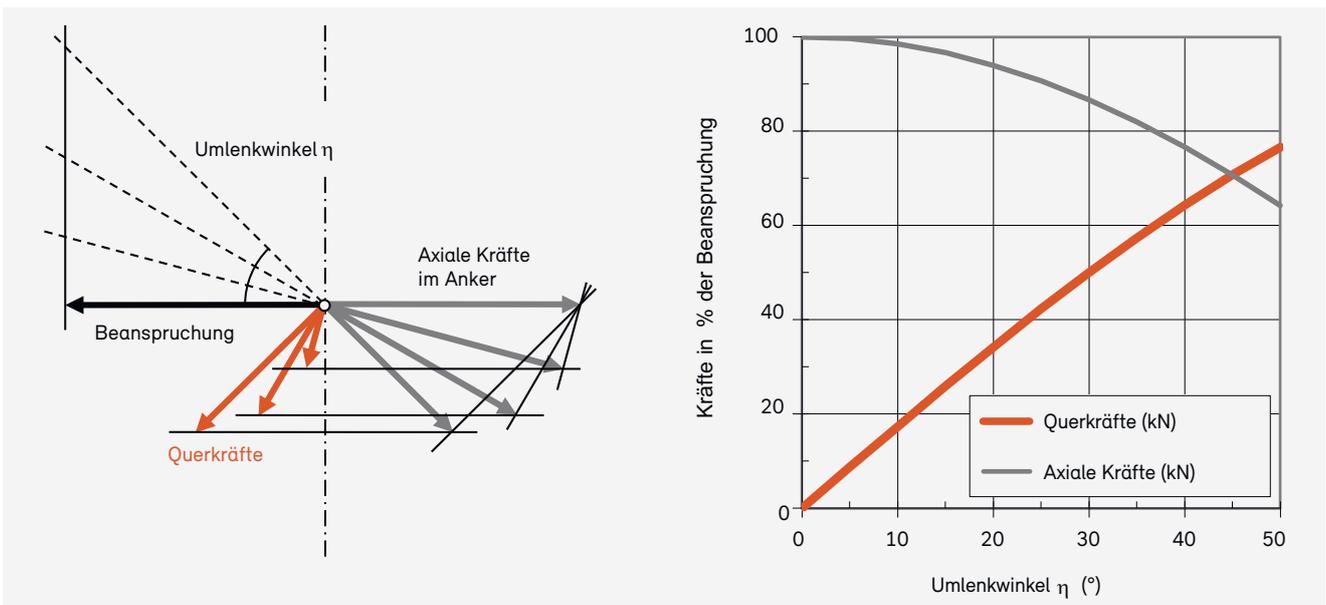
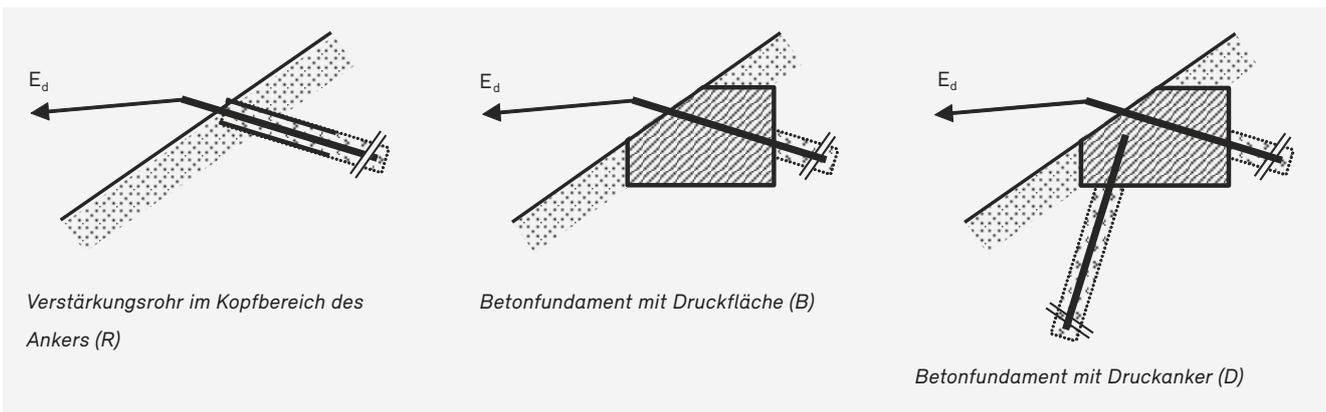


Abbildung B1.9
Massnahmen bei Querzugbelastung der Verankerung.



Querkräfte vom Boden aufgenommen werden können. Die Querkräfte sind mit dem vorhandenen passiven Erddruck zu vergleichen. Je nach Umlenkwinkel können die Querkräfte relativ hohe Werte annehmen (Abbildung B1.8).

Nur im Fels und sehr hartem Untergrund (verfestigte Moräne) können solche Kräfte ohne Verformungen übertragen werden. In weicheren Gesteinen oder in Lockermaterial müssen zusätzliche Massnahmen zur Aufnahme der Querkräfte getroffen werden. Mögliche Massnahmen sind (Abbildung B1.9 und Tabelle B1.1):

- Keine Massnahmen erforderlich (0)
- Verstärkungsrohr im Kopfbereich des Ankers (R)
- Betonfundament mit Druckfläche erforderlich (B)
- Betonfundament mit Druckanker erforderlich (D)

Die Wahl der Massnahme ist abhängig von der Grösse der Querdruckkräfte, vom Untergrund und Umlenkwinkel. Tabelle B1.1 zeigt eine grobe Zusammenfassung der möglichen Massnahmen. Umlenkwinkel von mehr als 40° sind nicht empfehlenswert (N).

Tabelle B1.1
Verstärkungsmassnahmen in Abhängigkeit des Untergrundes.

Art des Untergrundes	Umlenkwinkel η					
	<5°	10°	20°	30°	40°	>40°
Fels, hartes Gestein, kompakt	0	0	0	0	0	0
Fels geklüftet, Sedimentgesteine hart, Moräne hart	0	0	R	B	D	N
Sediment verwittert, Moräne verwittert, Kiese dicht	0	R	B	B/D	D	N
Hangschutt locker, Kiese locker	0	B	B/D	D	N	N

Anhang B2: Bemessung der Verankerungen und Fundamente

B2.1 Allgemeines

Die Projektierung von Verankerungen verlangt gründliche Kenntnisse der Ankertechnik und setzt entsprechende Erfahrung voraus. Dazu gehören unter anderem auch Erfahrungen bei der Beurteilung des Baugrundes. Insbesondere betrifft dies Kenntnisse über:

- Aufbau und geotechnische Eigenschaften der einzelnen Lockergesteinsschichten
- Klüftung und Schichtungen bei felsigem Untergrund
- Hydrogeologische Verhältnisse
- Elektrische Streuströme

Diese Gegebenheiten sind massgebend für die Bemessung und den Korrosionsschutz der Anker und Fundamente. Die Abmessungen der Verankerungen ergeben sich aus den Nachweisen der Tragsicherheit und der Gebrauchstauglichkeit. Für die Bemessung des einzelnen Ankers erforderlich sind:

- Nachweis der inneren Tragsicherheit
- Nachweis der äusseren Tragsicherheit
- Nachweis der Gebrauchstauglichkeit

B2.2 Bemessungswerte

Einwirkungen

Der Bemessungswert E_d der Beanspruchung errechnet sich aus der statischen Ersatzlast E_s und dem Lastbeiwert γ_F . Es gilt:

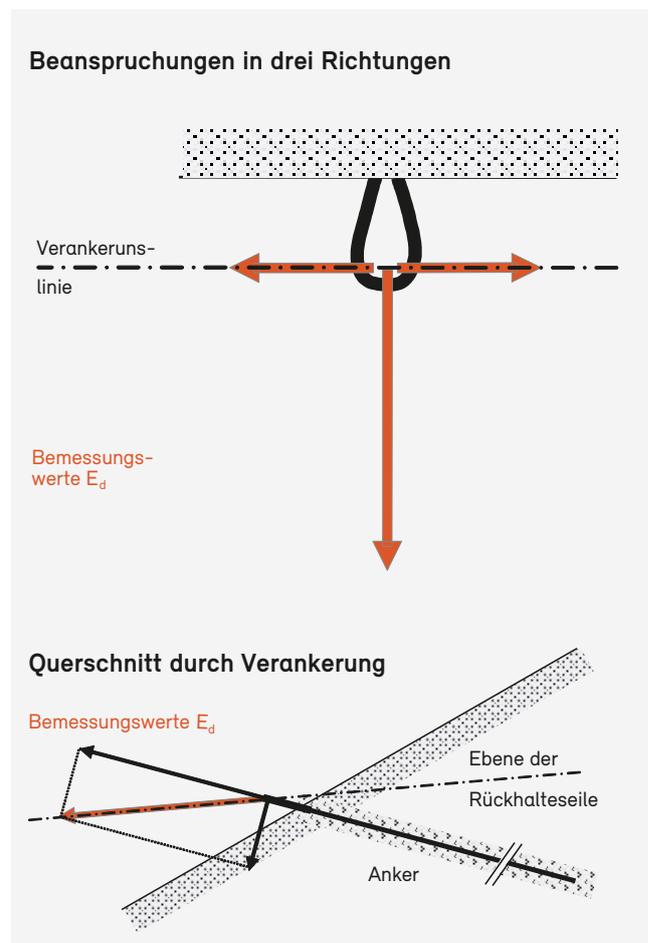
$$E_d = E_s \times \gamma_F \tag{8}$$

Dabei wird der Lastbeiwert $\gamma_F = 1.15$ gesetzt.

Die Bemessungswerte müssen für jede Richtung der Einwirkung ermittelt werden. Der Hersteller der Schutznetze liefert die Grunddaten über die statischen Ersatzlasten in den einzelnen Richtungen. Speziell bei der Verankerung

von Rückhalteseilen treten auch horizontale Kräfte quer zur Ankerrichtung (in der Verankerungslinie) auf (Abbildung B2.1). Bezogen auf die Verankerung bedeutet dies, dass ein Bemessungswert in Richtung des Ankers und zwei Bemessungswerte senkrecht auf den Anker ermittelt werden müssen.

Abbildung B2.1
Beanspruchung der Verankerung von Rückhalteseilen.



Tragwiderstand

Der Bemessungswert R_d des Tragwiderstandes ergibt sich aus dem Tragwiderstand R_k des Bauteiles und dem Widerstandsbeiwert γ_M . Es gilt:

$$R_d = R_k / \gamma_M \tag{9}$$

Als Widerstandsbeiwert γ_M wird $\gamma_M = 1,35$ verwendet.

Der charakteristische Wert R_k entspricht dem kleineren Wert von innerem bzw. äusserem Tragwiderstand des Ankers.

Der innere Tragwiderstand R_{ik} des Ankers wird bestimmt durch den Stahlquerschnitt A und die Stahlgüte f_{sk} (Fließgrenze) und beträgt:

$$R_{ik} = A \times f_{sk} \tag{10}$$

Der äussere Tragwiderstand des Ankers wird über Ausziehversuche ermittelt und entspricht jener Kraft, bei der die Verschiebung des Verankerungskörpers nicht mehr abklingt, sondern nach einer gewissen Zeit der Bruch zwischen Verankerungskörper und Baugrund eintritt. Als Orientierungshilfe zur Grobabschätzung des äusseren Tragwiderstandes kann für die üblichen Bohrlochdurchmesser 90 – 110 mm die Tabelle B2.1 verwendet werden.

Tabelle B2.1
Grössenordnungen über charakteristische äussere Tragwiderstände.

Art des Untergrundes	Grenzen der äusseren Tragwiderstände
Fels, hartes Gestein, kompakt	> 90 kN/m
Fels geklüftet, Sedimentgesteine hart, Moräne hart	> 50 kN/m und < 90 kN/m
Sedimentgestein verwittert, Moräne verwittert, Kiese dicht	> 25 kN/m und < 50 kN/m
Hangschutt locker, Kiese locker	< 25 kN/m

Der charakteristische Wert R_{ak} des äusseren Tragwiderstandes ist abhängig von der Anzahl der Versuche. Bei Vorliegen von 4 und mehr Ankersversuchen wird der charakteristische Wert R_{ak} des äusseren Tragwiderstandes aus dem Mittelwert der Bruchlasten minus der Standardabweichung berechnet.

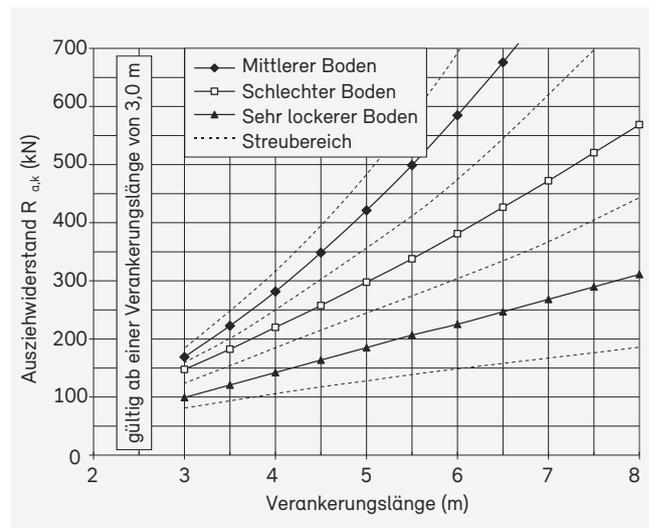
Werden 3 Zugversuche durchgeführt, ist für den charakteristischen Wert R_{ak} der tiefste Wert von R_a zu berücksichtigen.

Werden pro Untergrundbereich nur 1 oder 2 Versuchsanker gezogen, so ist zur Bestimmung des charakteristischen Werts des Tragwiderstands der kleinste ermittelte Wert R_a um 40 % bzw. um 20 % zu reduzieren (Tabelle B2.2).

Tabelle B2.2
Charakteristische äussere Tragwiderstände R_{ak} in Abhängigkeit der Ausziehversuche.

Anzahl Ausziehversuche	Charakteristischer Wert R_{ak} des äusseren Tragwiderstandes	Widerstandsbeiwert γ_M
4	Mittelwert der 4 Versuche minus Standardabweichung	1.35
3	Tiefster Wert der 3 Versuche	1.35
2	80 % des kleineren Wertes	1.35
1	60 % des Wertes	1.35
0	Wert aus Diagramm in Abbildung B2.2	1.50

Abbildung B2.2
Charakteristischer Auszieh Widerstand $R_{a,k}$. (Diagramm aus «Richtlinie für den Lawinerverbau im Anbruchgebiet» S. 95, Abb. 42.)



Liegen hingegen keine Daten über Ausziehversuche vor respektive werden bei kleineren Bauvorhaben keine Ausziehversuche durchgeführt, so ist der charakteristische Tragwiderstand aus dem Diagramm in Abbildung B2.2 zu entnehmen. Dabei sind die Werte in der unteren Hälfte des

Strebereiches bei den jeweiligen Böden zu entnehmen. Zusätzlich ist der Widerstandsbeiwert γ_M zu erhöhen auf

$$\gamma_M = 1,5$$

Die Böden werden wie folgt klassiert:

Mittlerer Boden

Dicht gelagert mit kohäsivem Feinmaterial (z.B. grober Blockschutt mit Anteilen an bindigem Feinmaterial, trockener Kiessand).

Schlechter Boden

Locker gelagert, mit kohäsionslosem, nicht bindigem Feinmaterial mit tiefem Reibungswinkel (feuchte, feinkörnige Verwitterungsprodukte, die nur eine schlechte Verzahnung zwischen Anker und Boden erlauben), Geröllhalden.

Sehr lockerer Boden

Sehr locker gelagert, humusartig, mit Hohlräumen.

Gebrauchstauglichkeit

Für den Nachweis der Gebrauchstauglichkeit von Verankerungen von Schutznetzen gegen Steinschlag ist die Lage von potenziellen Bruchflächen im Boden zu beachten. Im Fels dürfen keine Trennflächen gequert werden, falls schon Verschiebungen festzustellen sind. Die Verschiebungen müssen mit speziellen Verankerungen verhindert werden.

Im Lockermaterial müssen eventuelle Verschiebungen des Bodens mit Hilfe von Erfahrungswerten abgeschätzt werden. Es ist auch dort zu ermitteln, welchen Einfluss die Verschiebungen des Bodens auf Kräfte im Anker haben werden. Prinzipiell sollen die Verankerungen keine Kräfte aus Verschiebungen des Untergrundes aufnehmen.

B2.3 Nachweise

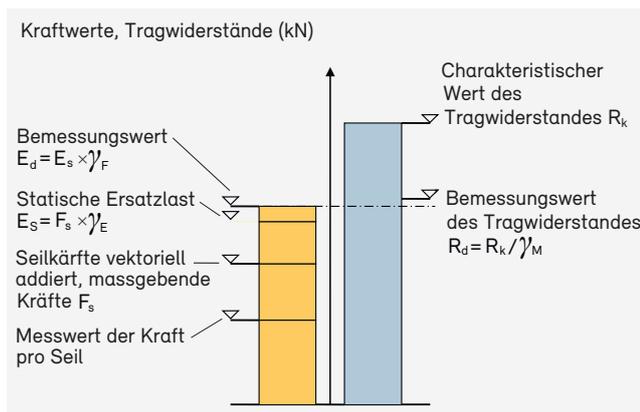
Tragsicherheit

Die Tragsicherheit für die Verankerung gilt als nachgewiesen, wenn der Bemessungswert E_d der Einwirkung kleiner ist als der Bemessungswert R_d des Tragwiderstandes (Abbildung B2.3):

$$E_d \leq R_d \tag{11}$$

Abbildung B2.3

Bemessungswerte und Tragwiderstand bei Anker.



Anhang B3: Versuche an Probeankern

B3.1 Ausziehversuche

Ankerversuche bestehen normalerweise aus Ausziehversuchen und werden vorgängig oder zu Beginn der Ankerarbeiten durchgeführt. Die gemessenen Werte werden benötigt, um den äusseren Tragwiderstand R_t der Anker in einem bestimmten Untergrundbereich zu ermitteln. Weitere Versuche sind während der Bauausführung zu veranlassen, wenn unerwartete Baugrundverhältnisse auftreten. Die Versuchsanker sind nach den Vorgaben in den «Richtlinien für den Lawinenverbau im Anbruchgebiet 2007 (Art. 7.5.4.2)» durchzuführen.

Die Anzahl der Versuchsanker richtet sich nach:

- der Grösse des Bauvorhabens
- dem potentiellen Risiko beim Versagen der Verankerung
- den Baugrundverhältnissen

Pro Untergrundbereich mit vergleichbaren geotechnischen Eigenschaften sind in der Regel mindestens 3 Versuchsanker auszuführen. Werden pro Untergrundbereich nur 1 oder 2 Versuchsanker ausgeführt, so ist zur Bestimmung des charakteristischen Werts des Tragwiderstands der kleinste ermittelte Wert um 40 % bzw. 20 % zu reduzieren (Anhang B2).

B3.2 Zugproben

Da Zugproben mit den geforderten Prüfkräften nach SIA Norm 267/1 im steilen und alpinen Gelände nur beschränkt und nur mit grossem Aufwand möglich sind, hat das BAFU eine erweiterte Zugprobe für den Lawinen- und Steinschlagverbau entwickeln lassen. Dieses Prüfverfahren erlaubt unter kleinen Prüfkräften eine Aussage über die vorhandenen Tragreserven eines Bauwerkankers zu machen. Das Verfahren ist in einem Merkblatt¹⁰ beschrieben. Zur Überprüfung der Ausführungsqualität werden an etwa 5 % aller Anker, mindestens aber an drei Ankern

pro Untergrundbereich mit vergleichbaren geotechnischen Eigenschaften, Zugproben gemäss dem genannten Prüfverfahren durchgeführt. Die für die Zugproben ausgewählten Anker sollen gleichmässig über das ganze Bauwerk verteilt sein. Mit Zugproben ist der einwandfreie und kraftschlüssige Verbund zwischen Anker und Baugrund nachzuweisen.

¹⁰ BAFU 2014; Merkblatt zur Anwendung der erweiterten Zugprobe im Lawinen- und Steinschlagverbau. Bundesamt für Umwelt, Bern. 39 S. Publiziert unter: www.bafu.admin.ch/technische-massnahmen

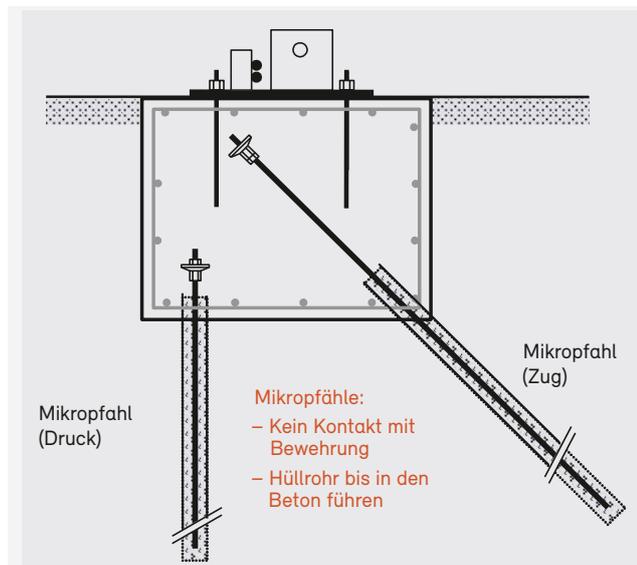
Anhang B4: Korrosionsschutz

B4.1 Beispiel eines Fundamentes mit Korrosionsschutz der Stufe 2

Dem Schutz des Überganges Kopf-Mikropfahl ist besonders Beachtung zu schenken. Bei Schutzstufe 1 ist der Ankerkopf durch eine Korrosionsschutz-Beschichtung zu schützen. Bei Schutzstufe 2 ist der gesamte Kopfbereich durch eine allseitig mindestens 50 mm starke Betonschicht oder gleichwertige Massnahmen gegen Korrosion zu schützen.

Abbildung B4.1

Beispiel eines Fundamentes mit Korrosionsschutz der Stufe 2.



Anhang C: Glossar

Schutzziel

Niveau an Sicherheit, das bestimmte Verantwortungsträger in ihrem Verantwortungsbereich grundsätzlich anstreben. In der Praxis dient das Schutzziel auch als Überprüfungs-kriterium zur Beurteilung des Handlungsbedarfs für die Erreichung der angestrebten Sicherheit.

Massnahmenziel

Mass an Sicherheit, welches mit einer bestimmten Massnahme erreicht werden soll. Die Gesamtwirkung der getroffenen Massnahmen dient der Erreichung der angestrebten Sicherheit.

Europäisches Bewertungsdokument

European Assessment Document (EAD)
Dokument der EOTA. Es beschreibt die wesentlichen Merkmale (Kennwerte) eines Bauproduktes oder einer Bauproduktfamilie, die zu beurteilen sind, bevor diese Produkte in Verkehr gebracht werden können.

Technische Bewertungsstelle

Technical Assessment Body (TAB)
Nach nationalen Vorschriften benannte Organisation, welche für bestimmte Bauprodukte befähigt ist, europäische Bewertungen durchzuführen. Sie muss notifiziert sein – also von den EU-Mitgliedstaaten akzeptiert sein.

Europäische technische Bewertung

European Technical Assessment (ETA)
Instrument bzw. Dokument, mit dem die Leistung eines Bauproduktes erfasst und dokumentiert wird. Es beinhaltet aber über die mögliche Verwendung des Produktes keine Aussage und folgt damit dem Grundgedanken der Leistungsdeklaration.
(Seit der Europäischen Bauprodukteverordnung vom 1. Juli 2013 verwendet)

Europäische technische Zulassung

European Technical Approval (ETA)
Dokument, mit dem das Ergebnis einer Überprüfung der Leistung eines Bauproduktes beschrieben wird. Alle für die Verwendung des Produktes massgebenden Kennwerte werden geprüft, im Sinne einer Prüfung der Gebrauchstauglichkeit/Brauchbarkeit.

(Während der Gültigkeit der Richtlinie 89 /106/EWG zwischen 1989 und 30.6.2013 verwendet)

EOTA

European Organisation for Technical Assessment
Organisation der technischen Bewertungsstellen auf europäischer Ebene. Die EOTA entwickelt die europäischen Bewertungsdokumente und passt sie neuen Erkenntnissen an.

CE-Kennzeichnung

Mit der CE-Kennzeichnung erklärt der Hersteller oder Inverkehrbringer gemäss EU-Verordnung 765/2008, «dass das Produkt den geltenden Anforderungen genügt, die in den Harmonisierungsrechtsvorschriften der Gemeinschaft über ihre Anbringung festgelegt sind».
Durch die CE-Kennzeichnung hat eine Firma den freien Marktzugang für ein Produkt innerhalb der Mitglieder des europäischen Marktes. Voraussetzung dazu ist eine Europäische Technische Bewertung (ETA) oder andere Nachweisverfahren.
Die Schweiz ist über die bilateralen Verträge mit der EU in den europäischen Markt eingebunden.
CE hat heute keine literale Bedeutung, sondern ist ein Symbol der Freiverkehrsfähigkeit in der EU.

MRA

Mutual Recognition Agreement
Abkommen zwischen der Schweizerischen Eidgenossenschaft und der Europäischen Gemeinschaft über die gegenseitige Anerkennung von Konformitätsbewertungen.

ETAG 027

Guideline for European Technical Approval of Falling Rock Protection Kits (Edition September 2012, Amended April 2013)
Leitlinie für die europäische technische Zulassung für Bausätze für Steinschlagschutznetze (Ausgabe 2012, geändert April 2013)
Diese Leitlinie beschreibt die Anforderungen an Steinschlagschutznetze und beschreibt die Verfahren wie diese überprüft werden.
Seit dem 4. Juni 2013 wird sie nicht mehr als Leitlinie sondern als europäisches Bewertungsdokument betrachtet.

WPK

Werkseigene Produktionskontrolle

Verfahren, mit dem eine konstante Produktionsqualität der Hersteller sichergestellt wird

KBS

Konformitätsbewertungsstelle

MEL

Maximum Energy Level

Maximale Energie-Stufe eines Steinschlagschutznetzes in kJ.

SEL

Service Energy Level

Betriebs-Energie-Stufe eines Steinschlagschutznetzes in kJ.

Sie ist definiert als ein Drittel der maximalen Energiestufe

Anhang D: Abkürzungen

BAFU

Bundesamt für Umwelt

WPK

Werkseigene Produktionskontrolle

BUWAL

Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft
(heute BAFU)

WSL

Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft

EAD

European Assessment Document

Empa

Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt

EOTA

European Organisation for Technical Assessment

ETA

European Technical Assessment (neu)
European Technical Approval (alt)

ETAG

Guideline for European Technical Approval

KBS

Konformitätsbewertungsstelle

MEL

Maximum Energy Level

MRA

Mutual Recognition Agreement

SEL

Service Energy Level

sia

schweizerischer ingenieur- und architektenverein

TAB

Technical Assessment Body

a [m] Stützenabstand	w [m] Bremsweg des Wurfkörpers im Netz
b [m] Abstand Randstütze-Verankerung seitlich	α [°] Differenz der Neigung Rückhalteseile-Stützenneigung
f [m] Horizontale Differenz Stützenfuss-Verankerung bergseitig	β [°] Halber Spreizwinkel zwischen zwei Rückhalteseilen
F_s [kN] Massgebende Last in den Seilen	δ [°] Neigung der oberen Tragseile zur seitlichen Verankerung
f_{sk} [N/mm ²] Fließgrenze Stahllanker	δ_m [°] Rechnerische Neigung inkl. Fangseile zur seitlichen Verankerung
h [m] Höhendifferenz Stützenfuss-Verankerung bergseitig	
h_N [m] Nennhöhe des Schutznetzes (gem. ETAG 027)	
h_R [m] Resthöhe des Schutznetzes (gem. ETAG 027)	
E_d [kN] Bemessungswert der Einwirkung	
E_s [kN] Statische Ersatzlast	
L [m] Länge der Stütze	
R_{ak} [kN] Äusserer Tragwiderstand	
R_d [kN] Bemessungswert des Tragwiderstandes	
R_{ik} [kN] Innerer Tragwiderstand	
R_k [kN] Charakteristischer Wert des Tragwiderstandes	