

## Ösenankerzäune – Erste Ergebnisse der Prüfung dieses einfach zu errichtenden Abrollschutzes

Andreas Koch<sup>1</sup>, Philipp Jansen<sup>1</sup>, Holger Böse<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Landesbaudirektion Bayern, Zentralstelle Ingenieurbauwerke und Georisiken, Schwere-Reiter-Straße 41, 80797 München

<sup>2</sup> Landesbetrieb Straßenbau NRW, Regionalniederlassung Südwestfalen, Rheinstraße 8, 58097 Hagen

### Zusammenfassung

Ösenankerzäune werden seit Jahrzehnten als Abrollschutz gegen Stein- und Blockschlag an Verkehrswegen eingesetzt. Bislang gab es jedoch keine belastbaren Kenntnisse über das tatsächliche Energieaufnahmevermögen dieser einfach zu errichtenden Konstruktionen. Die Bayerische Staatsbauverwaltung hat daher - in Abstimmung mit Straßenbaubehörden anderer Bundesländer - im Juni/Juli 2019 Versuche zur Rückhaltefähigkeit von Ösenankerzäunen durchgeführt, die von der Technischen Universität München (TUM), Ingenieur fakultät Bau Geo Umwelt, Lehrstuhl für Metallbau messtechnisch begleitet wurden. Zusammenfassend kann als Versuchsergebnis festgehalten werden, dass Ösenankerzäune in der gewählten Versuchskonfiguration mit Voll- oder Hohlstäben im Durchmesser von 28 bzw. 32 mm, drei Tragseilen mit 12 mm Durchmesser und V-förmiger Rückabspannung der Steher sowie bei Verwendung eines hochscherfesten Geflechtes in der Lage waren, Felsblöcke mit einer Sturzenergie von 50 kJ sicher und weitgehend unabhängig von der Treffergeometrie zurückzuhalten.

### Abstract

Low energy rock fall protection systems have been used as a roll-off construction against rock impact incidents on traffic routes for decades. However, so far there has not been any reliable data of the actual energy absorption capacity of these easy-to-build structures. In coordination with road authorities of other federal states of Germany, the Bavarian road administration has therefore carried out a series of experiments to quantifiably test these low energy rock fall protection systems in terms of their mechanical retainment capacity. These in situ-tests were conducted in collaboration with the Technical University of Munich (TUM), Faculty of Civil, Geo and Environmental Engineering, Chair of Metal Structures, which provided the mechanical measurement technology. In summary, it can be stated as a result of the experiments that the conducted test configuration, which was built with 28 mm or 32 mm solid or hollow rods, three 12 mm diameter horizontal ropes and V-shaped restoring of the rods as well as using a high-performance steel wire mesh, is able to retain boulders with 50 kJ of energy safely and widely independent of the tested hit geometry.

### 1. Anlass

In der Bundesrepublik Deutschland mangelt es derzeit an einschlägigen Richtlinien zur Planung und Ausführung von technischem Steinschlagschutz. Eine nationale Norm, wie sie beispielsweise in Österreich als ONR 24810:2017-02: „Technischer Steinschlagschutz – Begriffe, Einwirkungen, Bemessung und konstruktive Durchbildung, Überwachung und Instandhaltung“ existiert, gibt es derzeit nicht. Daher ist seit 2018, auf Initiative der Staatsbauverwaltung Bayerns, der sich weitere Bundesländer angeschlossen

haben, ein Merkblatt über die Bemessung und konstruktive Ausbildung von Sicherungsbauwerken zur Abwehr von Georisiken an Straßen in Bearbeitung. Das Merkblatt soll den Straßenbauverwaltungen sowie den mit der Problematik befassten Firmen und Ingenieurbüros fachlich verbindliche Hinweise zum technischen Steinschlagschutz geben.

Die Erarbeitung dieses Merkblatts „Sicherungsbauwerke – Bemessung und konstruktive Ausbildung“ ist bei der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) angesiedelt. *„Die Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) ist ein gemeinnütziger technisch-wissenschaftlicher Verein. Sie wurde 1924 gegründet. Das Hauptziel der FGSV ist die Weiterentwicklung der technischen Erkenntnisse im gesamten Straßen- und Verkehrswesen. Dabei wirken Verwaltung, Wirtschaft und Wissenschaft zusammen. Sie entsenden insgesamt über 2.500 Mitarbeiter in die zahlreichen Fachgremien. [...]“* (FGSV o. J.). Die unter der FGSV vereinigten Fachgremien reichen von der Verkehrsplanung über den Straßenentwurf, dem Verkehrs- und Infrastrukturmanagement, dem Erd- und Grundbau, den Gesteinskörnungen, Ungebundenen Bauweisen bis hin zu den Asphalt- und Betonbauweisen (FGSV 2018). Die Thematik des technischen Steinschlagschutzes ist unter der Arbeitsgruppe „Erd- und Grundbau“ als Arbeitskreis des Arbeitsausschusses „Grundbau“ verortet.

Der Arbeitskreis setzt sich aus Vertretern der Straßenbauverwaltungen Bayerns, Baden-Württembergs, Hessens, Nordrhein-Westfalens und Rheinland-Pfalz, eines Ingenieurbüros für Geotechnik, eines auf alpine Sicherungstechnik spezialisierten Unternehmens sowie aus Vertretern von entsprechenden Herstellerfirmen zusammen.

Im Zuge der Gremienarbeit wurde das Thema Niedrigenergiesysteme behandelt. Zu diesen Systemen zählen die sogenannten Ösenankerzäune, bekannt auch als Steherzäune und mit weiteren diversen Lokalnamen belegt. Insbesondere die Verwendbarkeit dieser Systeme hat zu Diskussionen geführt. Anders als bei den Steinschlagschutzzäunen mit definierten Energieaufnahmekapazitäten fehlte eine solche Angabe bei den Ösenankerzäunen, da diese keine einheitliche, durch Hersteller geprüfte Bauweise haben. Versuche bezüglich ihres Rückhaltevermögens waren den Arbeitskreismitgliedern nicht bekannt. Ihre Energieaufnahmekapazität in marktüblicher Bauweise ist aber einerseits für die zukünftige Festlegung des Einsatzzwecks und andererseits auch für die Bewertung der hohen Anzahl von Bestandsbauwerken von großer Bedeutung.

## **2. Hintergrund**

Ösenankerzäune werden unter anderem durch die deutschen Straßenbauverwaltungen seit Jahrzehnten konstruktiv verbaut. Der Einsatz eines Ösenankerzäuns weist gegenüber den nach EAD 340059-00-0106 *„Falling rock protection kits“* (EOTA 2018) geprüften Steinschlagschutzzäunen der *Energy level classification* „0“ einen erheblichen Preisvorteil auf. Darüber hinaus können Ösenankerzäune in aktuellen Schadensfällen durch jede Fachfirmen schnell und ohne langwierige Vorlaufzeiten aus bei den Firmen lagerndem Material errichtet werden, so dass die Sperrzeit von Verkehrswegen verringert wird. Weiterhin sind die Marktpreise für entsprechende Installationen hinlänglich bekannt, so dass bei entsprechender Dringlichkeit auch eine freihändige Vergabe erfolgen kann. Nicht zuletzt sind Ösenankerzäune in der

Montage, Wartung und Unterhalt unkompliziert, da keine speziellen Herstellervorgaben zu berücksichtigen sind. Auch beeinträchtigen sie das Landschaftsbild in nur unerheblichem Maße, so dass die Akzeptanz dieser Bauweise bei den amtlichen und ehrenamtlichen Vertretern des Naturschutzes in der Regel eher gegeben ist. Geprüfte Systeme werden erst ab einem Energieaufnahmevermögen von 100 kJ angeboten und sind somit in Einsatzbereichen für Niedrigenergiesysteme oft überdimensioniert. Daher sind Ösenankerzäune in Niedrigenergiebereichen häufig angemessener.

Die praktischen Erfahrungen der Mitglieder des Arbeitskreises haben dies bestätigt und gezeigt, dass die Verwendung von Ösenankerzäunen im Niedrigenergiebereich durchaus ihre Berechtigung hat. Verschiedene Beispiele verdeutlichen, dass die Zäune Stein- und Blockschläge erfolgreich zurückgehalten haben. Ein plakatives Beispiel zu diesem Einsatzbereich zeigt die Abbildung 1.



**Abb. 1:** Beispiel eines belasteten Ösenankerzauns oberhalb einer Straße  
(Foto: Dr. J. Matthesius)

Einen Hinweis zu der Energieaufnahmekapazität der Niedrigenergiesysteme enthält die ONR 24810:2017-02 bei der Definition zum Abrollschutz. Demnach ist der Abrollschutz *zum Auffangen von abrollenden Steinen mit geringen Geschwindigkeiten, Kubaturen und Energien* (ONR 24810). Die Energieaufnahmekapazitäten werden mit deutlich weniger als 50 kJ angenommen (ebd.). In Gesprächen mit Systemherstellern und Fachfirmen wurde die Energieaufnahmekapazität der Ösenankerzäune, je nach Ausführung, bislang mit 3 bis 20 kJ, bei Verwendung eines hochscherfesten Drahtgeflechtes bis 35 kJ, veranschlagt.

### **3. Zielsetzung der Versuche**

Auf Grund der mangelnden Kenntnisse über die Energieaufnahmekapazität wurde die Absicht verfolgt, unterschiedliche Varianten von Ösenankerzäunen zu testen. Ziel dieses Forschungsprojektes war die Erlangung von Kenntnissen über die Energieaufnahmevermögen der zu testenden Varianten sowie der Beanspruchung der unterschiedlichen Bauteile im Ereignisfall durch 1:1-Feldversuche. Durch die Tests verschiedener Konstruktionsvarianten sollten die in der Praxis verwendeten Bauweisen geprüft werden, um im Anschluss Entscheidungsgrundlagen für den Verbau von Niedrigenergiesystemen ableiten zu können.

### **4. Methodischer Ansatz**

#### **4.1 Bisläng verbaute Varianten**

Zu Beginn wurden die marktüblichen Ausführungsvarianten des Ösenankerzauns erkundet. Dazu sind Vertreter/Innen einiger Straßenbauverwaltungen, verschiedener Ingenieurbüros mit Schwerpunkt alpine Naturgefahren, als auch ausführender Unternehmen angesprochen worden. Demnach werden für Steher durchwegs gerippter Betonstabstähle im Durchmesser 28 mm mit vorgefertigter Öse oder Gewindestabstähle der Güte B500B im Durchmesser 28 mm (in Einzelfällen auch 32 mm) oder aber Selbstbohrnägel verwendet. Zur Führung des oberen Tragseils werden auch Ringmuttern oder Ankerkopfsen benutzt. Die Angaben zum Abstand der Steher variieren von 2,5 bis 4,0 Meter. Als Geflecht kommen vorwiegend Viereckdrahtgeflechte mit Maschenweiten von 60/60/3,1 mm und einer Zugfestigkeit des Stahldrahts von 400 bis 550 N/mm<sup>2</sup> oder hochscherfeste Stahldrahtgeflechte mit einer Zugfestigkeit des Stahldrahts von größer 1.770 N/mm<sup>2</sup> zum Einsatz. Meistens wird das Geflecht mit Klammern an den Tragseilen befestigt. Die übliche Ausführungshöhe beträgt 1,0 bis 1,5 Meter. Zumindest bei den 1,5 Meter hohen Zäunen werden in der Regel drei Tragseile (Stahldraht mit einem Durchmesser von 11 oder 12 mm) eingebaut, wobei die beiden oberen Tragseile meist locker geführt werden. Das obere Tragseil durchläuft dabei die Öse der Ringmutter. Das mittlere Tragseil wird über Muttern mit aufgeschweißter Öse oder über Seilbrücken geführt. Die Ausführung des unteren Tragseils variiert: Einige führen das untere Tragseil ebenfalls locker, bei anderen wird es fixiert. Eine Fixierung des unteren Tragseils erfolgt zum Beispiel mittels Verwendung einer doppelten Seilklemme oder einer Krallplatte: Diese kommt insbesondere dann zum Einsatz, wenn der Ösenankerzaun als Aufständiger einer talseitig anschließenden Vernetzung errichtet wird. Bei einer lockeren Führung des unteren Tragseils hingegen finden beispielsweise Muttern mit aufgeschweißten Haken, Seilbrücken oder Kreuznägel (auch T-Nägel genannt), die beim Verpressen des Stehers miteinzementiert werden, Verwendung. Bei den Kreuznägeln handelt es sich um Betonstabstahl in Durchmessern von 12 bis 16 mm, der T-förmig verschweißt wird. Je nach Topographie werden diese Kreuznägel auch zwischen den Stehern verwendet, um das Tragseil einschließlich Geflecht bodenschlüssig zu fixieren. Die Ausführungen der Rückabspannung variieren zwischen keiner Abspannung, einer Abspannung je Steher, V-förmigen Abspannungen und weiteren Ausführungsvarianten. Die Abspannungen werden sowohl mit Felsnägeln, als auch mit Seilankern realisiert.

#### 4.2 Festlegung der Ausführung zur Versuchsdurchführung

Aus diesen unterschiedlichen Ausführungen sind im Rahmen des Arbeitskreises folgende Varianten für die zu prüfenden Ösenankerzäune ausgewählt worden:

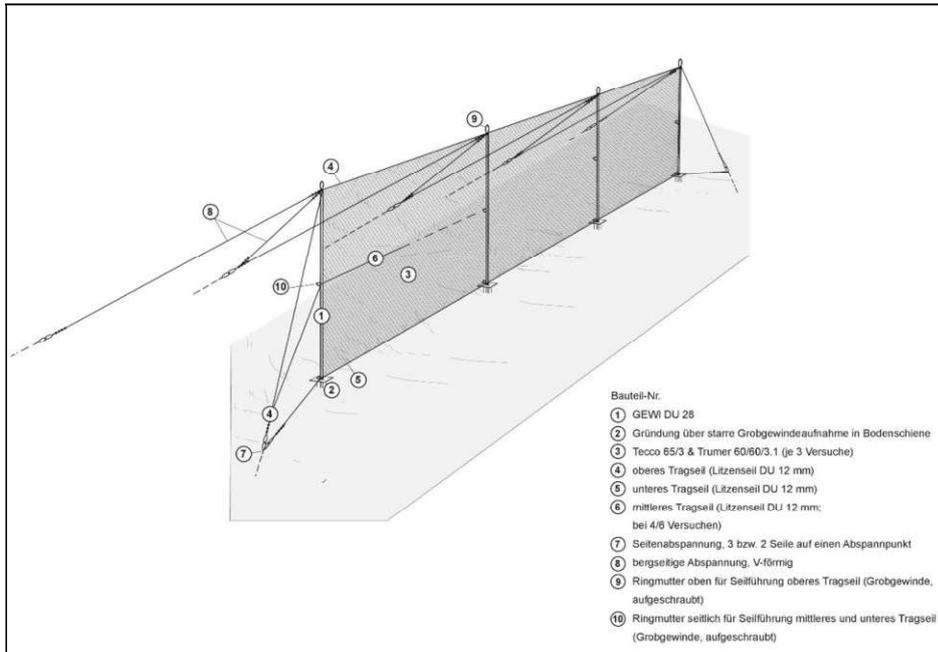
Für die Ausführung der Steher wurde Gewindestabstahl der Güte B500B im Durchmesser 28 mm als auch Hohlstabnägel (R32-360) vorgesehen. Die Kopfausbildung erfolgte jeweils mit einer Ringmutter. Als Geflechte wurden das hochscherfeste Stahldrahtgeflecht Tecco G65/3 der Fa. Geobrug (Zugfestigkeit des Stahldrahts:  $\geq 1.770 \text{ N/mm}^2$ ) und das Viereckgeflecht, 60/60/3,1 mm aus dem Produktprogramm der Fa. Trumer Schutzbauten GmbH (Zugfestigkeit des Stahldrahts: 400 - 550  $\text{N/mm}^2$ ) ausgewählt. Die Tragseile wurden mit einem Durchmesser von 12 mm ausgeführt und wurden ohne Fixierung eingebaut. Die Führung des oberen Tragseils erfolgte durch die Ringmutter, die des mittleren und unteren Tragseils über Muttern mit aufgeschweißter Öse. Die Rückabspannung erfolgte V-förmig. Die Höhe des Zauns wurde auf 1,50 Meter festgelegt.

#### 4.3 Versuchshalle – Durchführung und erste Ergebnisse

Um die zuvor zitierten Schätzwerte der Energieaufnahmefähigkeit im Vorfeld der Feldversuche auf Ihre Realitätsnähe zu prüfen und um Versuchskosten einzusparen, wurden Laborversuche in einer Halle der Technischen Universität München vor den 1:1-Feldversuchen durchgeführt.

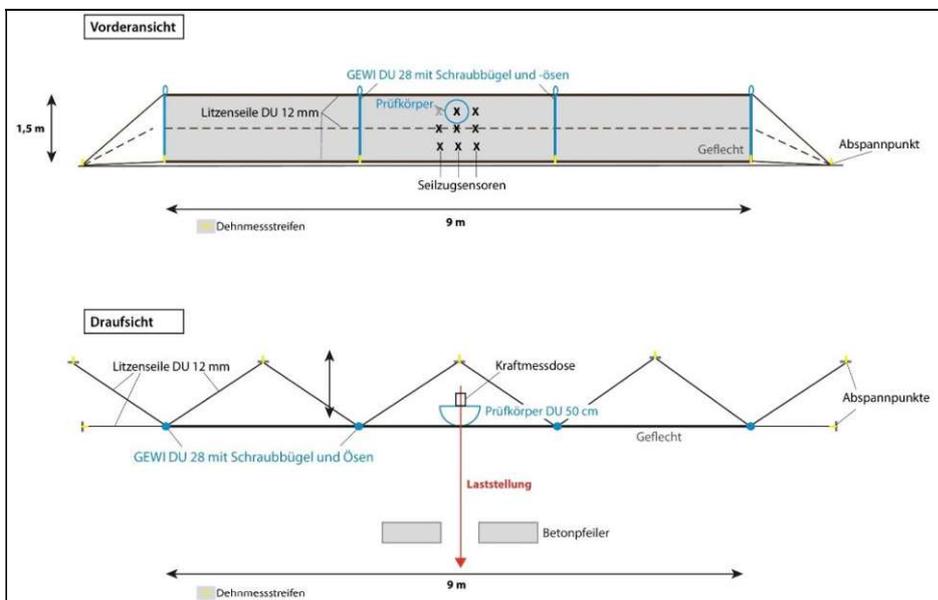
Für die Laborversuche wurden Zäune mit drei Feldern mit je drei Metern Länge errichtet. Die Höhe betrug 1,50 Meter. Die Steher wurden mit Gewindestabstahl der Güte B500B im Durchmesser 28 mm verwendet und V-förmig rückabgespannt. Die Tragseile wurden jeweils seitlich abgespannt. Die Steher als auch die Aufnahmepunkte der Abspannungen wurden in Bodenschienen fixiert. Als Geflechte wurden das Tecco G65/3 und ein 60/60/3,1 mm der Firma Trumer verwendet. Die Befestigung des Geflechts erfolgte sowohl mit zwei als auch mit drei Tragseilen. Abbildung 2 zeigt schematisch die Ausführung des Ösenankerzäuns zur Versuchsdurchführung samt den einzelnen Bauteilen.

Der den stürzenden Felsblock simulierende Prüfkörper wies einen Durchmesser von 50 cm auf, wurde in der oberen Hälfte des mittleren Zaunfeldes positioniert und bis zum Versagen des Systems belastet. Mit dieser Versuchsanordnung liegt ein höherer Lastfall als bei einer Lasteinbringung zwischen mittlerem und unterem Randseil vor, weiterhin wird der Einfluss des Mittelseils begrenzt. Als Prüfkörper wurde eine Halbkugel verwendet, die die Kraft gleichmäßig und langsam auf das Geflecht aufbringt. Die Abbildung 3 zeigt schematisch die Versuchsanordnung, die Abbildungen 4 a und b zeigen eine Ansicht des Versuchsaufbaus und des Prüfkörpers.



**Abb. 2:** Ausführung des Ösenankerzauns zur Versuchsdurchführung

Um die Verformungen im Rahmen der Versuche zu erfassen wurden eine 3D-Kamera und Seilzugsensoren eingesetzt (vgl. Abb. 3). Die Dehnungen an den Gewindestangen und den Seilverankerungen wurden mittels Dehnmessstreifen gemessen. Am Probekörper befand sich eine Kraftmessdose.



**Abb. 3:** Aufbau der Versuche in der Halle



**Abb. 4:** a) Aufbau des Tests in der Versuchshalle, b) Ansicht des Versuchsaufbaus und des Prüfkörpers

Die Abbildung 5 zeigt einen Versuchsaufbau mit Geflecht Trumer 60/60/3,1 mm, der bis zum Versagensfall belastet wurde.



**Abb. 5:** Belasteter Zaun aus dem Laborversuch

Die Ergebnisse der Laborversuche ergaben eine statische Kraft, der die einzelnen Versuchsvarianten bis zur maximalen Auslenkung standgehalten haben, beziehungsweise die Kraft, bei der das System versagt hat. Mittels Umrechnung dieser ermittelten statischen Kräfte konnten die von den Systemen rückhaltbaren dynamischen Lasten abgeschätzt werden. Die Versuchsauswertung im Einzelnen wird in dem beauftragten Prüfbericht des Instituts für Metallbau enthalten sein und steht zum Zeitpunkt der Schriftfassung noch aus.

#### 4.4 Durchführung der Feldversuche

Für die Durchführung der Feldversuche wurde eine etwa 70° geneigte Steilwand eines aufgelassenen Steinbruchs in der Umgebung von Garmisch-Partenkirchen genutzt. Die Ermittlung der Rückhaltefähigkeit der verschiedenen, getesteten Varianten von Ösenankerzäunen erfolgte mittels Freifallversuchen. Die

Ösenankerzäune wurden in der Steilwand über Hüllrohre als Aufnahmepunkte für die Steher eingebaut; die Einbindetiefe der Hüllrohre betrug dabei einen Meter in den dort anstehenden Plattenkalk. Der Zaun selbst hatte eine Ausführungshöhe von 1,5 Meter über Geländeoberkante und war ca. 30° bergseits gegen die Fallrichtung geneigt. Es wurden jeweils fünf Felder aufgebaut, die Feldbreite betrug 2,5 Meter. Die Steher wurden V-förmig mit Seilen im Durchmesser 12 mm an Abspannpunkten rückgespannt. Alle Ösenankerzäune wurden mit drei Tragseilen (Top-, Mittel- und Bodenseil), die ebenfalls einen Durchmesser von 12 mm aufwiesen, ausgeführt. Das obere Tragseil wurde seitlich mit ca. 45° abgespannt, das mittlere und untere Tragseil mit dementsprechend flacherem Winkel auf den gleichen, geringfügig talseits versetzten Abspannnagel geführt. Diese Abspannnägel wurden überdimensioniert und nicht ausgetauscht, da sich aus den vorgeschalteten Laborversuchen ergeben hat, dass eine Überlastung dieser Bauteile auszuschließen ist. Die Befestigung des Drahtgeflechtes erfolgte bergseits der Steher. An den oberen und unteren Tragseilen wurde es umgeschlagen und mittels Verbindungsclips aus hochscherfestem Material an jeder Masche des Geflechtes befestigt. Diese Ausführungsvariante führt am unteren Tragseil zu einer optisch unschönen Ausbildung aus talseits umgeschlagenem Geflecht, welches dann wieder nach bergseits geführt werden muss (sofern die Einrichtung der häufig sinnvollen Einfallschürze notwendig ist), hat sich aber in den Versuchen bewährt. Eine Befestigung mittels Pressklauen aus normal festem Material reicht hingegen nicht aus und führte zu einem früheren Versagen des Gesamtaufbaus (vgl. Abschnitt Ergebnisse).

Der Abwurf der Prüfkörper in den zu prüfenden Zaun erfolgte von einem an der Steinbruchoberkante positionierten Kran mittels Hubschrauberklinke im freien Fall. Als Prüfkörper wurden unbearbeitete Felsblöcke verwendet. Abbildung 6 zeigt eine Übersicht der Feldversuchsordnung.



**Abb. 6:** Aufbau des Feldversuchs

Die Feldversuche sind mit Energieeinträgen von 10 kJ bis 63 kJ durchgeführt worden. Um diese Energieeinträge mit dem Prüfkörpern zu erreichen, ergaben sich Freifallhöhen von 16,0 bis 28,2 Meter. In Tabelle 1 sind die getesteten Varianten aufgeführt. Zur Prüfung des Verhaltens der Ösenankerzäune bei mehrfach nacheinander auftretenden Treffern, wie sie in der Realität immer wieder geschehen, wurden bei zwei Versuchen weitere Prüfkörper in den bereits belasteten Zaun fallen gelassen.

Als Mess- und Beobachtungstechnik wurden bei den Feldversuchen hochauflösende Kameras und Dehnmessstreifen an den Gewindestangen und Seilverankerungen eingesetzt.

**Tabelle 1: Varianten der Feldversuche**

Steher	Geflecht	Tragseile	Masse Prüfkörper	Abwurfhöhe	res. Energie
GEWI DU 28	Tecco 65/3	3	167,0 kg	21,8 m	35 kJ
GEWI DU 28	Tecco 65/3	3	175,3/71,5/87,9 kg	23,3/23,3/23,3 m	40/16/20 kJ
GEWI DU 28	Tecco 65/3	3	267,6 kg	22,9 m	60 kJ
GEWI DU 28	Trumer 60/60/3,1	3	171,5 kg	20,8 m	35 kJ
GEWI DU 28	Trumer 60/60/3,1	3	90,0 kg	22,7 m	20 kJ
GEWI DU 28	Trumer 60/60/3,1	3	64,8 kg	16,4 m	10 kJ
GEWI DU 28	Trumer 60/60/3,1	3	65,3 kg	16,0 m	10 kJ
IBO 32-360	Tecco 65/3	3	264,5 kg	19,3 m	50 kJ
IBO 32-360	Trumer 60/60/3,1	3	84,4 kg	18,1 m	15 kJ
GEWI DU 28	Tecco 65/3	3	267,1/231,0/172,0 kg	19,0/27,5/28,2 m	50/63/47 kJ

#### 4.5 Ergebnisse der Feldversuche

Mit den in Tabelle 1 genannten Versuchsvarianten wurden folgende Energieeinträge **erfolgreich** zurückgehalten:

- **60 kJ:** im Versuchsaufbau mit den Stehern aus Vollstäben im Durchmesser 28 mm und dem hochscherfestem Geflecht Tecco G65/3. Treffergeometrie: Horizontale und vertikale Mitte des oberen Mittelfeldes.
- **50 kJ:** im Versuchsaufbau mit den Stehern aus Vollstäben im Durchmesser 28 mm und dem hochscherfestem Geflecht Tecco G65/3. Treffergeometrie: Direkt auf einen Steher des Mittelfeldes, Mitte der unteren Hälfte.
- **50 kJ:** im Versuchsaufbau mit den Stehern aus Hohlstäben (R32-360) und dem hochscherfestem Geflecht Tecco G65/3. Treffergeometrie: Horizontale und vertikale Mitte des oberen Mittelfeldes. Bei dem Versuch ist ein Steher gebrochen (Biegeriss/-bruch), der Felskörper wurde jedoch erfolgreich zurückgehalten.
- **10 kJ:** im Versuchsaufbau mit den Stehern aus Vollstäben im Durchmesser 28 mm und dem Geflecht Trumer 60/60/3,1 mm. Treffergeometrie: Horizontale und vertikale Mitte des oberen Mittelfeldes.



**Abb. 7:** Belasteter Zaun aus dem Feldversuch

Ein **Versagen** des Versuchsaufbaus erfolgte bei folgenden Varianten:

- **35 kJ:** im Versuchsaufbau mit den Stehern aus Vollstäben im Durchmesser 28 mm und dem hochscherfestem Geflecht Tecco G65/3. Treffergeometrie: Horizontale und vertikale Mitte des oberen Mittelfeldes. Versagen: Initiales Rückhalten des Prüfkörpers, jedoch anschließende Zerstörung der zur Befestigung des Drahtgeflechtes an den Tragseilen verwendeten Pressklauen und hierdurch bedingtes Öffnen des unteren Netzstoßes. Durch die entstandene Öffnung fiel der Prüfkörper. Hieraus ergab sich in den weiteren Versuchen die technische Lösung eines Umschlagens des Drahtgeflechtes um das obere und untere Randseil.
- **15 und 35 kJ:** im Versuchsaufbau mit den Stehern aus Vollstäben im Durchmesser 28 mm und dem Geflecht Trumer 60/60/3,1 mm. Treffergeometrie: Horizontale und vertikale Mitte des oberen Mittelfeldes.  
Versagen: Durchschuss durch das Geflecht.
- **63 kJ:** im Versuchsaufbau mit den Stehern aus Vollstäben im Durchmesser 28 mm und dem hochscherfestem Geflecht Tecco G65/3. Treffergeometrie: Horizontale und vertikale Mitte des oberen, mitte-außengelegenen Feldes. Der Versuchsaufbau war durch einen Versuch im benachbarten Feld bereits vorbelastet. Versagen: Durchschuss durch das Geflecht.

Zusammenfassend kann aus den Versuchsergebnissen festgehalten werden, dass Ösenankerzäune in der gewählten Versuchskonfiguration mit Vollstäben im Durchmesser von 28 mm, drei Tragseilen mit 12 mm, V-förmiger Rückabspannung der Steher unter Einsatz des hochscherfestem Geflecht Tecco G65/3 in der Lage waren Felsblöcke mit 50 kJ sicher und weitgehend unabhängig von der Treffergeometrie zurückzuhalten, sofern das Drahtgeflecht um das obere und untere Tragseil umgeschlagen wurde. Ösenankerzäune mit dem Geflecht Trumer 60/60/3,1 mm konnten Felsblöcke mit 10 kJ zurückhalten, hielten einem Energieeintrag von 15 kJ jedoch nicht stand.

## 5. Diskussion

Mit einem Energieaufnahmevermögen von gesichert 50 kJ sind die grundsätzlichen Erwartungen an den Ösenankerzaun mit hochscherfesten Drahtgeflecht deutlich übertroffen worden. Dies gilt sowohl für die Verwendung eines Gewindestabstahles (Vollstabnagel) als auch bei Selbstbohrnägeln (Hohlstabnagel), wenn gleich es bei letzteren zu einem Bruch des Stehers gekommen ist. Bei Anwendung eines einfachen Drahtgeflechtes bewegte sich das Rückhaltevermögen mit gesichert 10 kJ im Bereich des zuvor in der Fachwelt vermuteten Energiebereiches.

Die Verwendung von Felsblöcken ist im Hinblick auf die Reproduzierbarkeit der Tests zu diskutieren. Dazu wäre ein genormter Block erforderlich gewesen. Felsblöcke bilden aber die reale Situation eines Lastfalls im Gelände ab, so dass für die Zielsetzung dieser Tests die Wahl auf diese Versuchsanordnung gefallen ist.

Bei der Betrachtung der Versuche fällt auch auf, wie stark sich das System im Falle eines Einschlags verformt. In Bezug auf das untere Trageil ist daher zu hinterfragen, ob die Verwendung von Kreuznägeln zur bodenschlüssigen Befestigung des unteren Trageils in der Mitte der Felder ohne eine Zementeinbettung sinnvoll ist. Im Falle eines Ereignisfalls ist zu befürchten, dass diese Kreuznägeln herausgerissen und weggeschleudert werden. Gerade bei der Verwendung der Zäune in der Nähe der Verkehrswege kann das zu einer zusätzlichen Gefährdung führen.

Ösenankerzäune sind trotz der unerwartet hohen Energieaufnahmekapazität nach wie vor als Abrollschutz zu betrachten. Einen Einsatz als Steinschlagschutzzaun kann das System schon aus Gründen der niedrigen Bauhöhe nicht leisten. Dennoch liegen mit den unterschiedlichen Versuchskonfigurationen nun Einschätzungen zu deren Energierückhaltevermögen vor, so dass diese Systeme gezielter eingesetzt bzw. bereits verbaute Systeme anhand der Geländesituation besser bewertet werden können.

Im den Tests wurde das Produkt Tecco G65/3 verwendet, weil es zum Zeitpunkt der Planung der Versuche das einzige auf dem Markt zur Verfügung stehende Geflecht aus hochscherfestem Draht war. Zwischenzeitlich bietet zumindest die Fa. Trumer Schutzbauten GmbH ein ähnliches Produkt (Sigma 50/50/3,2 mm) an. Eine Betrachtung der Kennwerte führt die Autoren ausdrücklich zu der Einschätzung, dass auch mit diesem oder ähnlichen hochscherfesten Geflechten vergleichbare Werte erreicht werden können.

Der bei der Technischen Universität München beauftragte Prüfbericht wird weitere detaillierte Ergebnisse über die aufgetretenen Belastungen der einzelnen Bauteile enthalten. Nach Vorlage werden diese zu diskutieren sein und u.U. Erkenntnisse enthalten, die zu einer weiteren Erhöhung des Rückhaltevermögens von Ösenankerzäunen führen. Dies darf allerdings nicht dazu führen, dass die Einfachheit, das gute Kosten-Nutzen-Verhältnis sowie die schnelle Realisierbarkeit des Abrollschutzes verschlechtert werden. Denn nach den vorliegenden Ergebnissen sind Ösenankerzäune als Abrollschutz weiterhin das erste Mittel zur Erfüllung der Verkehrssicherungspflicht bei gravitativen Massenbewegungen durch den Straßenbaulastträger.

## Quellenverzeichnis

EOTA - European Organisation for Technical Approvals (2013): *ETAG 27: Guideline for European Technical Approval of Falling Rock Kits*. Edition September 2012. Amended April 2013. Online verfügbar unter: <https://www.eota.eu/en-GB/content/etags/26/>. Abgerufen am: 26.07.2019.

EOTA - European Organisation for Technical Assessment (2018): *Falling rock protection kits*. EAD 340059-00-0106. Online verfügbar unter: <https://www.eota.eu/en-GB/content/eads/56/>. Abgerufen am: 02.07.2019.

FGSV - Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e. V. (o. J.): Der Verein. Online verfügbar unter: <https://www.fgsv.de/forschungsgesellschaft.html>. Abgerufen am: 28.06.2019.

FGSV - Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e. V. (2018): FGSV Organigramm. Online verfügbar unter: <https://www.fgsv.de/gremien.html>. Abgerufen am: 28.06.2019.

Geobruigg (o. J): Technical data sheet: High-tensile steel wire mesh Tecco<sup>®</sup> G65/3. Online verfügbar unter: [https://www.geobruigg.com/datei.php?src=portal/downloadcenter/dateien/downloadcenter/level1-data-sheets/TECCO/L1\\_TECCO-G65-3mm\\_3.5m\\_TechData\\_190507\\_e.pdf](https://www.geobruigg.com/datei.php?src=portal/downloadcenter/dateien/downloadcenter/level1-data-sheets/TECCO/L1_TECCO-G65-3mm_3.5m_TechData_190507_e.pdf). Abgerufen am: 28.06.2019.

Trumer Schutzbauten GmbH (o. J. a): Technische Daten zum Viereckgeflecht 60/60/3,1. Online verfügbar unter: <https://de.trumer.ca/products/slope-stabilization/60-60-31/>. Abgerufen am: 19.07.2019.

Trumer Schutzbauten GmbH (o. J. b): Technische Daten zum Hochleistungsgitter Sigma 50/50/3,2. Online verfügbar unter: <https://de.trumer.ca/products/slope-stabilization/sigma-50-50-32/>. Abgerufen am: 19.07.2019.