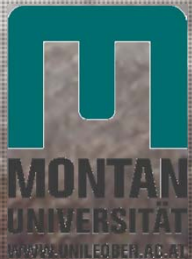


Prüfung flexibler Steinschlagschutzsysteme



Christian Heiss
Lehrstuhl für Bergbaukunde, Bergtechnik und Bergwirtschaft
Montanuniversität Leoben
Franz Josef Strasse 18
A-8700 Leoben

christian.heiss@unileoben.ac.at

➔ Steinschlag allgemein

- Prozessbeschreibung
- Risikobeurteilung
- Ereignisdokumentation

➔ Steinschlagschutzsysteme

- Primäre / Sekundäre Schutzmaßnahmen
- Definition flexibler Steinschlagschutzsysteme

➔ Systemprüfung nach ETAG 027

- Inhalt und Prüfverfahren
- Schrägwurfanlage Erzberg

➔ LBBK als Prüfstelle

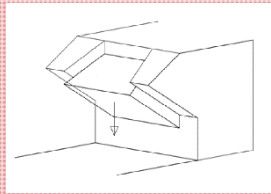
- Tätigkeiten als Prüfstelle

➔ Kritische Betrachtung und zukünftige Entwicklung



Prozessbeschreibung

Quellgebiet

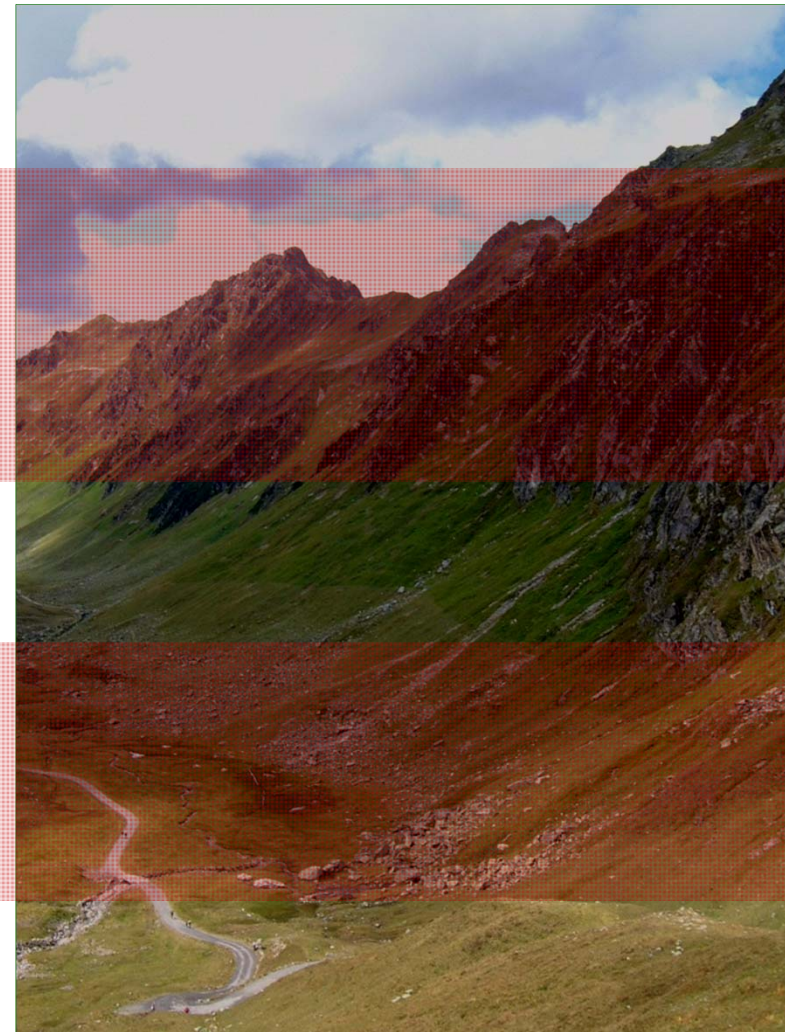
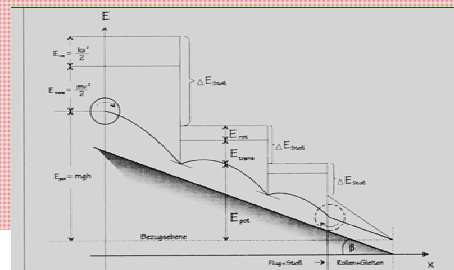


- Blockgröße, Blockform
- Versagensmechanismus
 - Gleiten
 - Kippen
 - Fallen
 (vgl.: ONR 24810)

Transferzone

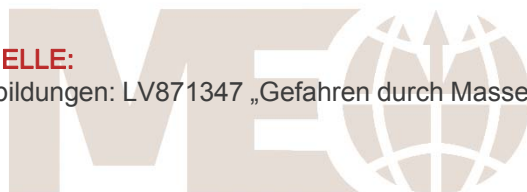
- Bewegungsform
 - Freier Fall
 - Rollen
 - Gleiten
 - Springen

Ablagerungszone



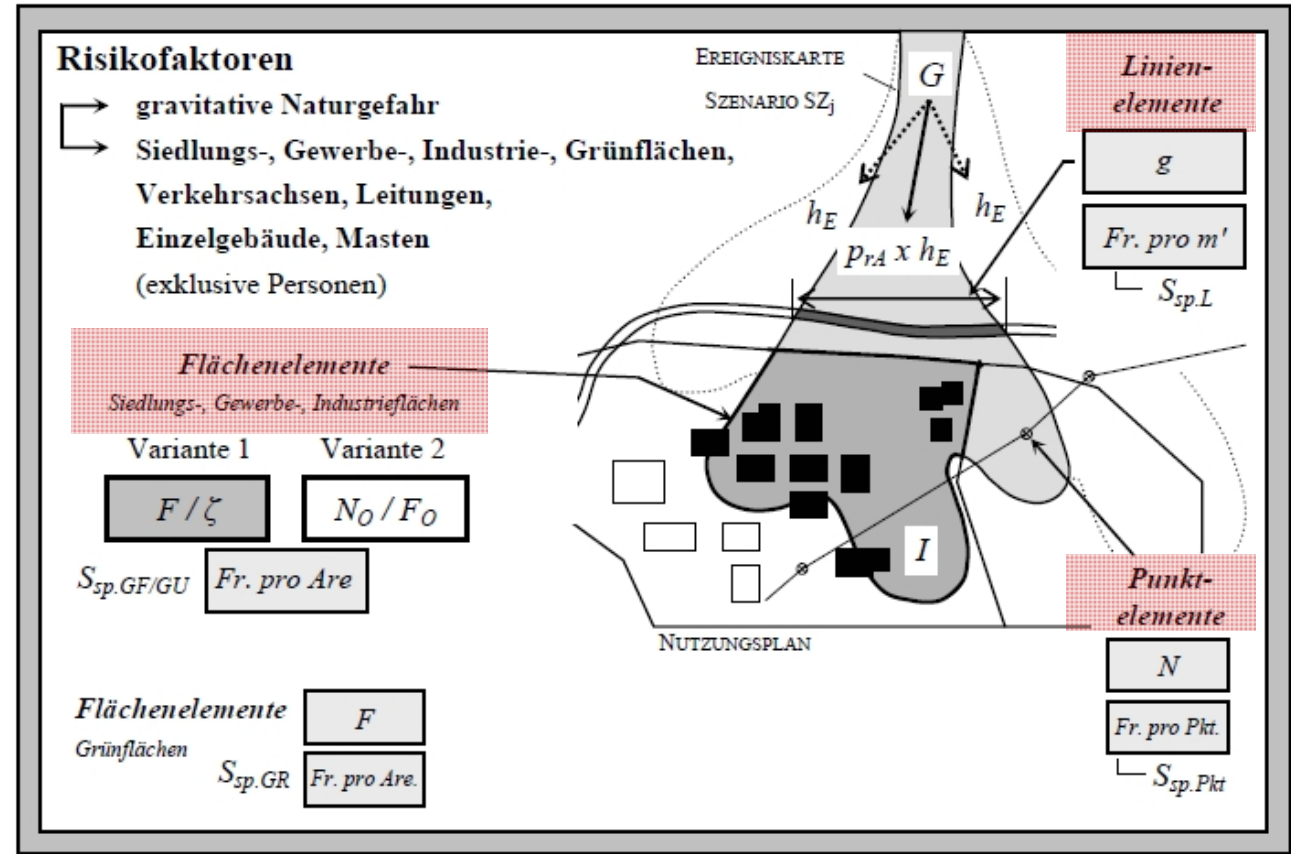
QUELLE:

Abbildungen: LV871347 „Gefahren durch Massenbewegungen – Steinschlag (BOKU,2013)



Legende

G	Prozessart
h_E	Eintretenshäufigkeit
I	Intensität
p_{rA}	Räumliche Auftretenswahrscheinlichkeit
F	Inhalt der Untersuchungsfläche [Aren]
ζ	Überbauungsziffer
N_0	Gebäudezahl in der Untersuchungsfläche
N	Anzahl Punktelemente
F_0	Raumbezug der Objektart
S_{sp}	Spezifisches Schaden- ausmass
.GF	Gebäudefläche
.GU	Gebäudeumschwung
.GR	Grünfläche
.L	Linienelement
.Pkt	Punktelement
g	Gefährdeter Strecken- abschnitt



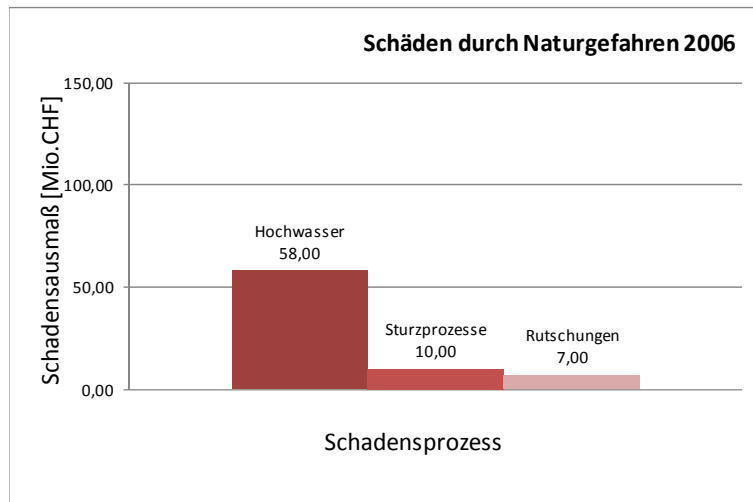
QUELLE:

Umweltmaterialien Nr.107/I Naturgefahren, "Risikoanalyse bei gravitativen Naturgefahren" Methode, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern 1999



Ereignisdokumentation (Schweiz 2006)

	Anzahl Ereignisse					Sachschäden	
	gering	mittel	stark	total	[%]	[Mio. CHF]	[%]
Überschwemmung/Murgang	502	21	8	531	79	58	78
Rutschung	112	3	-	115	17	7	9
Felssturz	22	-	2	24	4	10	13
Total	636	24	10	670	100	75	100



	2006	
	Mio. CHF	
Hochwasser	58,00	77%
Sturzprozesse	10,00	13%
Rutschungen	7,00	9%
Summe	75,00	100%

**3 von 4
Todesopfer
durch
Sturzprozesse**



QUELLE:

„Wasser, Energie, Luft“ 99. Jahrgang, Heft 1, CH-5401 Baden



Definition von Risiko

Umweltwissenschaftler, Planer und Sicherheitsingenieure bezeichnen mit Risiko das **Produkt** von *Eintrittshäufigkeit* bzw. **Eintrittswahrscheinlichkeit** und **Ereignisschwere** bzw. **Schadensausmaß**.

QUELLE:

<http://de.wikipedia.org/wiki/Risiko>



Maßnahmen gegen Steinschlag

➔ Primäre Maßnahmen

- Reduzierung der Eintrittswahrscheinlichkeit
- Errichtung im **Quellgebiet**

- **Beispiele:**

- Felsvernetzung leicht
- Felsvernetzung schwer
- Verankerung (\pm Spritzbeton)
- Ankerriegel
- etc.

➔ Sekundäre Maßnahmen

- Reduzierung des Schadenausmaßes
- Errichtung in der **Transferzone** bzw. **Ablagerungszone**

- **Beispiele:**

- Starre Verbaue (Brücken)
- **Steinschlagnetze**
- Dämme
- Galerien



Definition Steinschlagnetz



- ➔ sekundäre Schutzverbauung
- ➔ elastische und/oder plastische Verformung
- ➔ Baukastensystem mit modulartigem Aufbau
- ➔ seit 2008: CE- Kennzeichnung mit Typenprüfung
- ➔ bis Juni 2013 **Bauproduktenrichtlinie**
- ➔ ab Juli 2013 **Bauproduktenverordnung**

QUELLE:

Abbildung: <http://www.maccaferribalkans.com/al/rockfall-barrieres/?lang=it>



➔ Abfangstruktur

- Primärnetz
- Sekundärnetz (Geflechtauflage)

➔ Stützstruktur

- Stütze
- Grundplatte

➔ Verbindungselemente

- Seile
- Schäkel
- Seilklemmen, etc.

➔ Energieabsorbierungsstruktur

- Energieabsorbierungselemente

- ➔ Leitlinie der EOTA in der die **Konformitätsvoraussetzungen** flexibler Steinschlagschutzsysteme ausgewiesen sind
- ➔ Gültigkeit: seit Feber 2008
- ➔ ETAG 027 definiert:
 - die Struktur von Steinschlagschutzsystemen und deren Komponenten
 - den Verwendungszweck von Steinschlagschutzsystemen
 - die Systemklassifizierung basierend auf Energieabsorbierungsvermögen und Restnutzhöhe
 - **Prüfverfahren und Zertifizierungsprozeduren**

Energieklassen

	Energieklasse				
Energy level classification	0	1	2	3	4
SEL [kJ]	-	85	170	330	500
MEL [kJ] ≥	100	250	500	1000	1500
Energy level classification	5	6	7	8	
SEL [kJ]	660	1000	1500	>1500	
MEL [kJ] ≥	2000	3000	4500	>4500	

Restnutzhöhe nach MEL-Test

Category A:

Restnutzhöhe \geq 50% der nominellen Verbauhöhe

Category B:

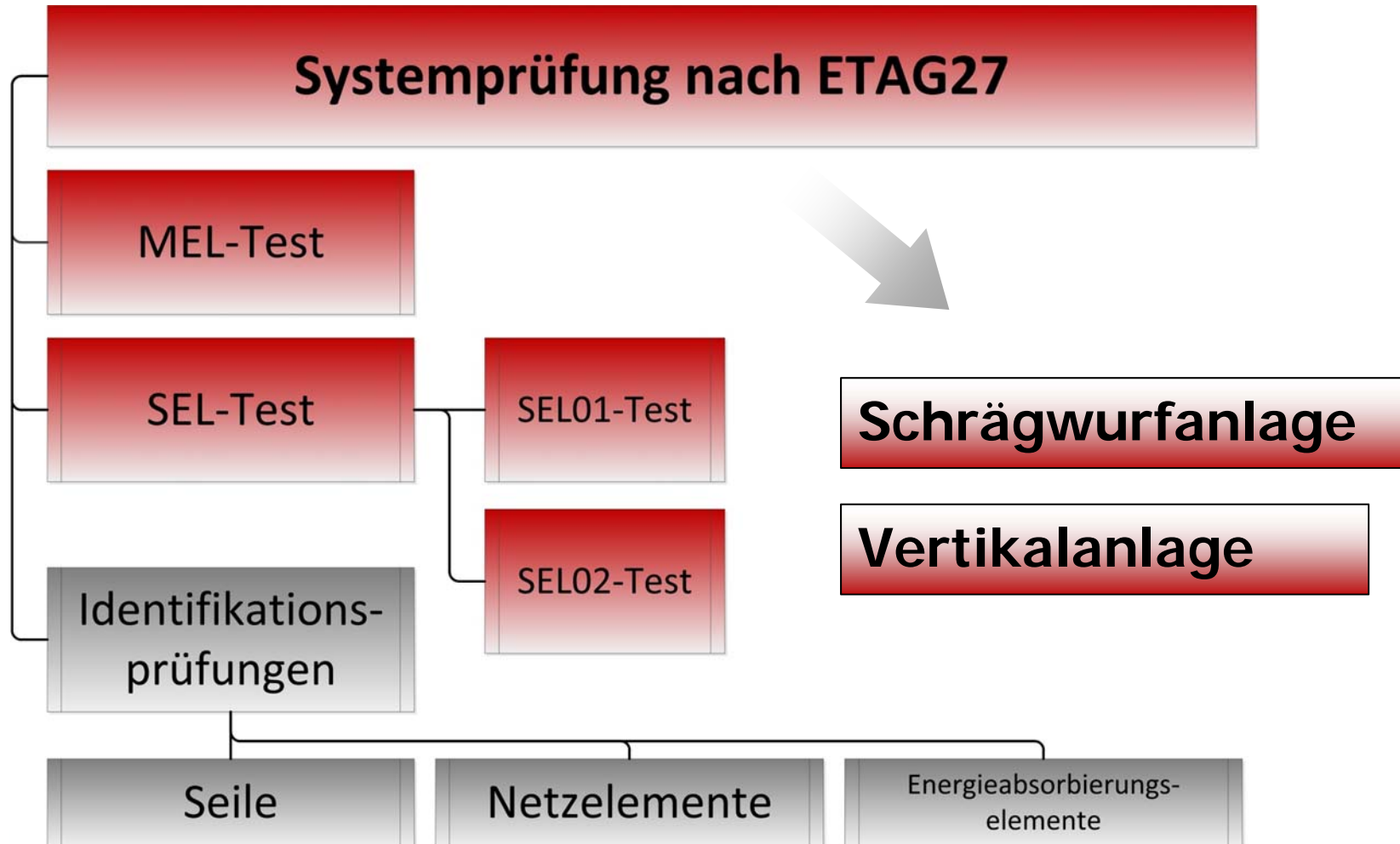
30% der nominellen Verbauhöhe < Restnutzhöhe < 50% der nominellen Verbauhöhe

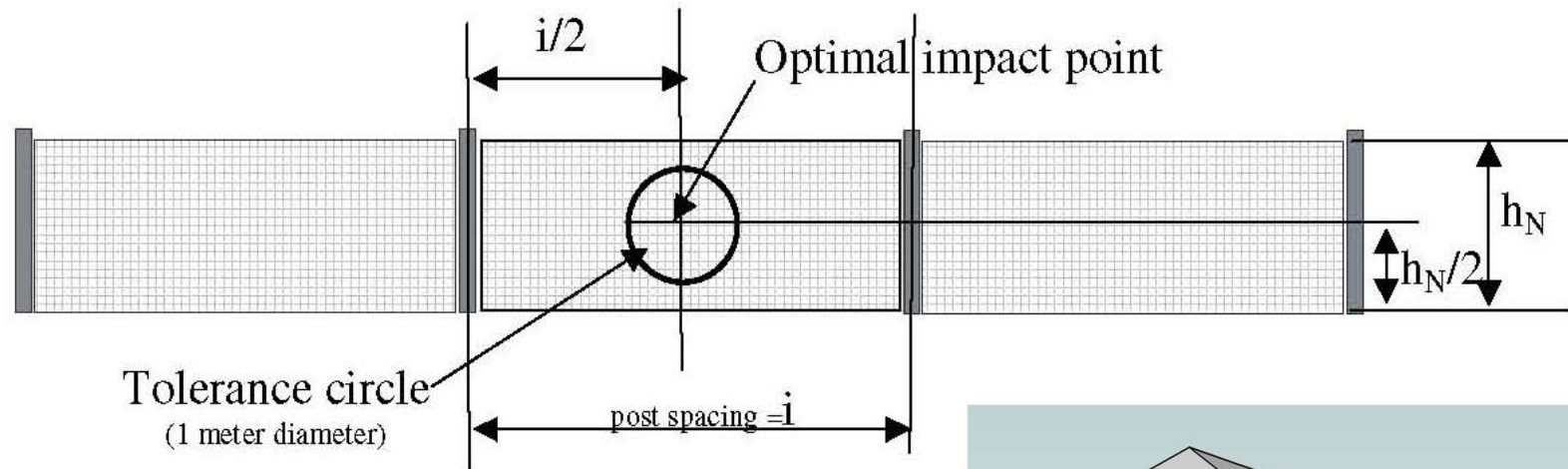
Category C:

Restnutzhöhe \leq 30% der nominellen Verbauhöhe

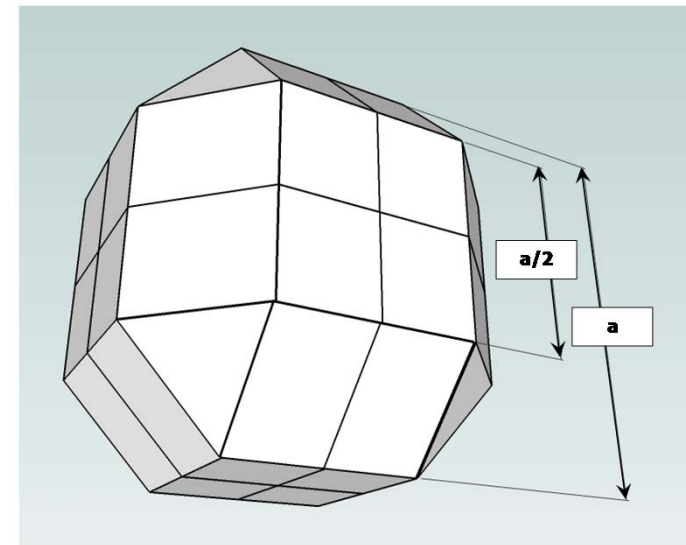
QUELLE:

ETAG 027 Guideline for European Technical Approval of Falling Rock Protection Kits, Edition 2008-02-01





- 3 Funktionsmodule
- 4 Stützen
- genormte Blockform



➔ MEL-Test (Maximum Energy Level)

- Energieeintrag entspricht Systemklasse (zB: 3.000kJ)
- Impaktgeschwindigkeit: $v_{\text{impakt}} = 25 \text{ m/s}$
- Trefferposition: $h_i = h_n/2 \pm 0,5\text{m}$
- kein Bodenkontakt während des Abbremsvorgang
- kontrolliertes „Abfangen“ und „Halten“ des Wurfkörpers
- Restnutzhöhe



QUELLE:

ETAG 027 Guideline for European Technical Approval of Falling Rock Protection Kits, Edition 2008-02-01



➔ SEL01-Test (Service Energy Level)

- Energieeintrag entspricht min. 1/3 vom MEL-Test (zB: 1.000kJ)
- Impaktgeschwindigkeit: $v_{\text{impakt}} = 25 \text{ m/s}$
- Trefferposition: $h_i = h_n/2 \pm 0,5\text{m}$
- kein Bodenkontakt während des Abbremsvorgang
- kontrolliertes „Abfangen“ und „Halten“ des Wurfkörpers
- keine „definierten“ Schäden
- Restnutzhöhe: $h_r = 0,7 * h_n$

QUELLE:

ETAG 027 Guideline for European Technical Approval of Falling Rock Protection Kits, Edition 2008-02-01



➔ SEL02-Test (Service Energy Level)

- Energieeintrag entspricht min. 1/3 vom MEL-Test (zB: 1.000kJ)
- Impaktgeschwindigkeit: $v_{\text{impakt}} = 25 \text{ m/s}$
- kein Bodenkontakt während des Abbremsvorgang
- kontrolliertes „Abfangen“ und „Halten“ des Wurfkörpers

QUELLE:

ETAG 027 Guideline for European Technical Approval of Falling Rock Protection Kits, Edition 2008-02-01

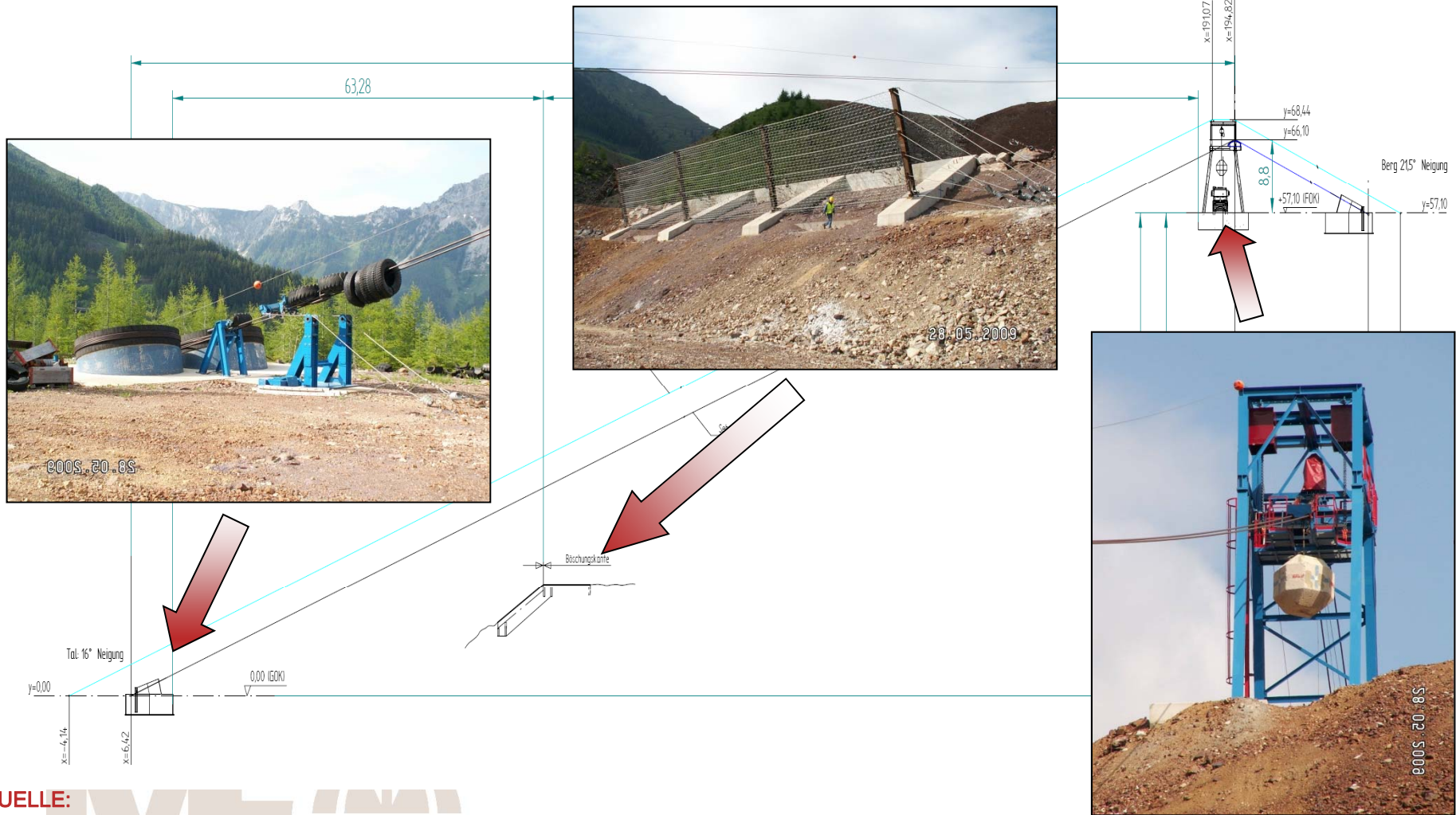


Prüfanlage Erzberg



- ➔ **ANLAGENBETREIBER**
Trumer Schutzbauten GmbH
- ➔ **STANDORT**
Steirischer Erzberg
Dreikönig Nord
- ➔ **ANLAGENKAPAZITÄT**
derzeit bis 5 MJ
- ➔ **ANLAGENTYP**
Schrägwurfanlage
- ➔ **REFERENZGELÄNDE**
30°
- ➔ **PRÜFMÖGLICHKEITEN**
alle herkömmlichen Systemtypen

Prüfanlage Erzberg



QUELLE:
Zeichnung: Trumer Schutzbauten GmbH, 2008



Casio EXILIM FH100

- Aufnahme normal zur Flugbahn
- 120 fps (640x480)

Casio EXILIM FH100

- Aufnahme normal zur Flugbahn
- 40 fps (3456x2592)

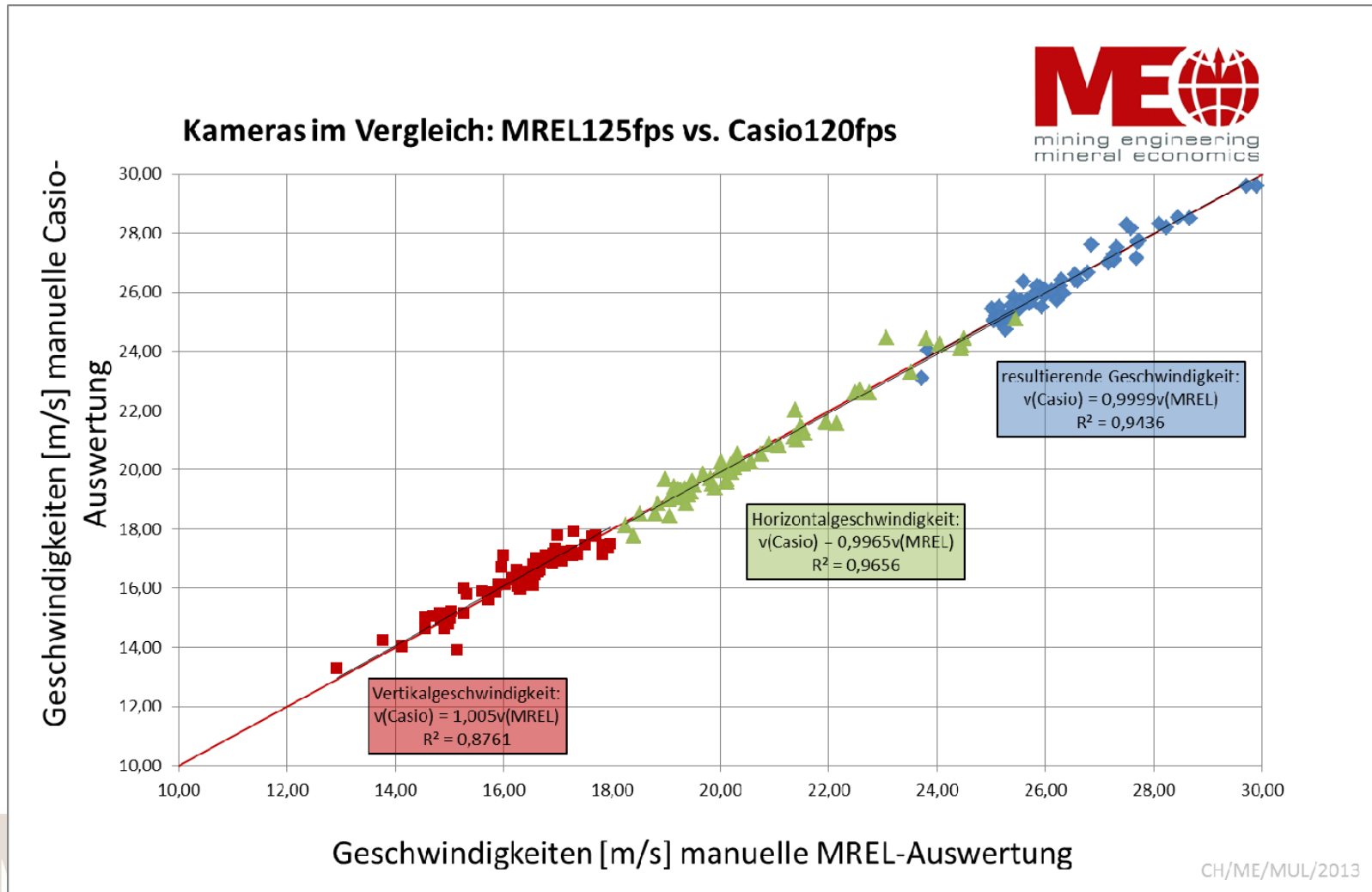
High Speed Kamera

- Aufnahme normal zur Flugbahn
- 125 fps (1280x1024)

Sony Camcorder

- Aufnahme normal zur Flugbahn
- 25 fps(720x540)



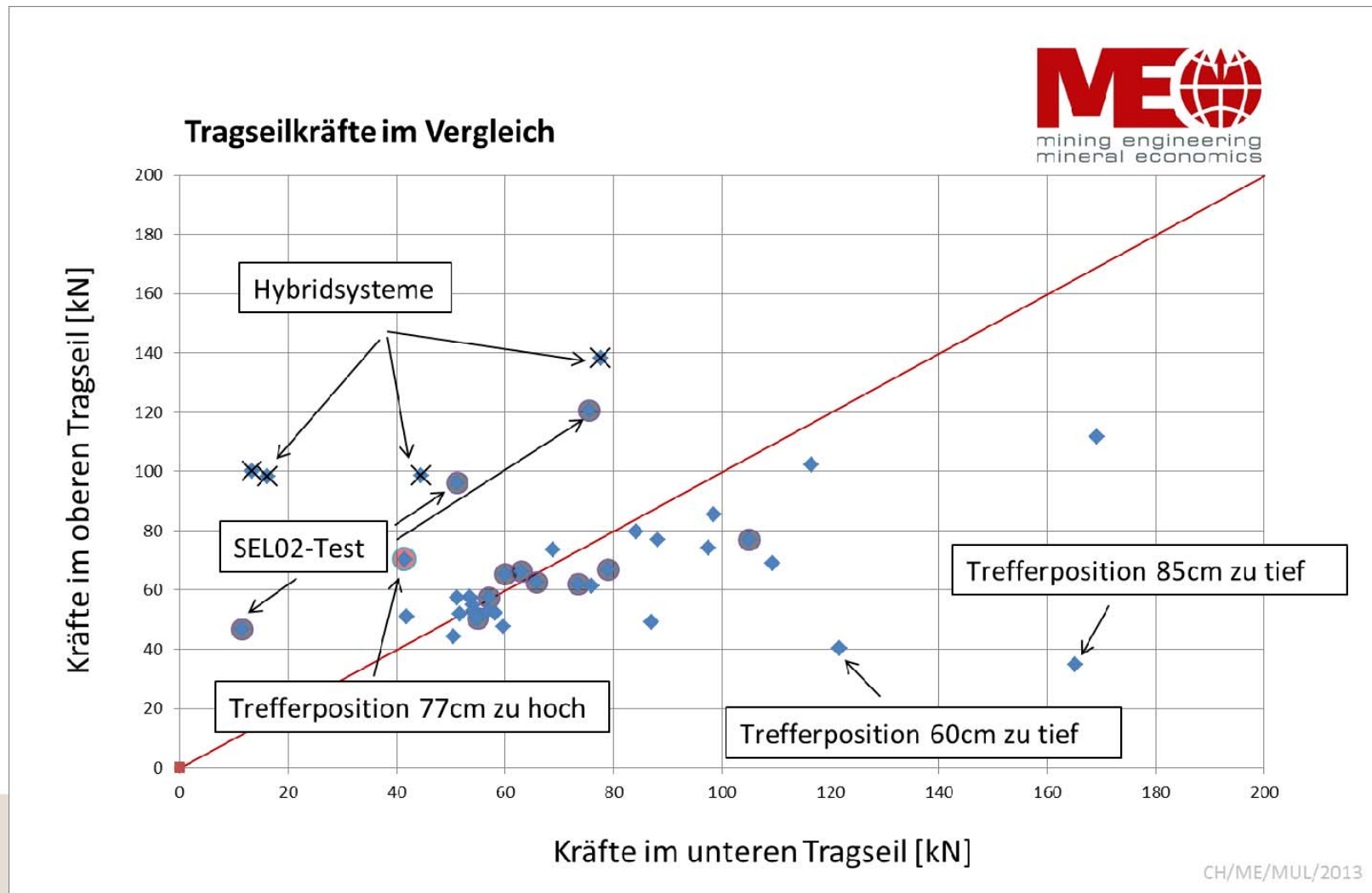




Kraftmesszellen

- Kraftmessung in Seilen
- 2.400 Messwerte pro Sekunde
- bis 16 Messzellen
- Massebestimmung





Lehrstuhl für Bergbaukunde, Bergtechnik und Bergwissenschaft an der Montanuniversität Leoben			
Prüfung Nr.	0809	System	TS-5000-ZD
Hersteller	Trumer Schutzbauten GmbH		
Prüfverfahren	MEL-Test	Datum	18/09/2008
Bearbeitung	MUL	DI Christian Heiss	
Trefferhöhe und Impaktwinkel (Sony DCR-TRV340E)			

Lehrstuhl für Bergbaukunde, Bergtechnik und Bergwissenschaft an der Montanuniversität Leoben			
Prüfung Nr.	0809	System	TS-5000-ZD
Hersteller	Trumer Schutzbauten GmbH		
Prüfverfahren	MEL-Test	Datum	18/09/2008
Bearbeitung	MUL	DI Christian Heiss	
Einzelbildauswertung der Freiflugphase (Sony DCR-TRV340E)			

Geschwindigkeit durch Approximation			
horizontale Annäherungsformel	$x(t) = 26,28077t$	$v_x(0,32)$	26,28 m/s
vertikale Annäherungsformel	$y(t) = 4,21331t^2 + 9,16433t$	$v_y(0,32)$	11,17 m/s
Energieeintrag 5.517 kJ		$v_{res}(0,32)$	28,56 m/s
		Blockmasse	13.531 kg

Horizontale Systemverformung
delta 9,930 m

Geländebezogen (30°)
delta 8,400 m

Trefferposition / Impaktwinkel
x-Wert 2,462 pixel
y-Wert 1,039 pixel
alpha 23,51 °

Abweichung von idealer Trefferposition

Abweichung bezogen auf Netzebene	plus	475 mm
Abweichung bezogen auf horizontales Gelände	plus	435 mm
Abweichung bezogen auf Referenzgelände von 30°	plus	423 mm

Blatt 14 Seite 01 Version 1.0 Trefferhöhe und Impaktwinkel (Sony DCR-TRV340E)

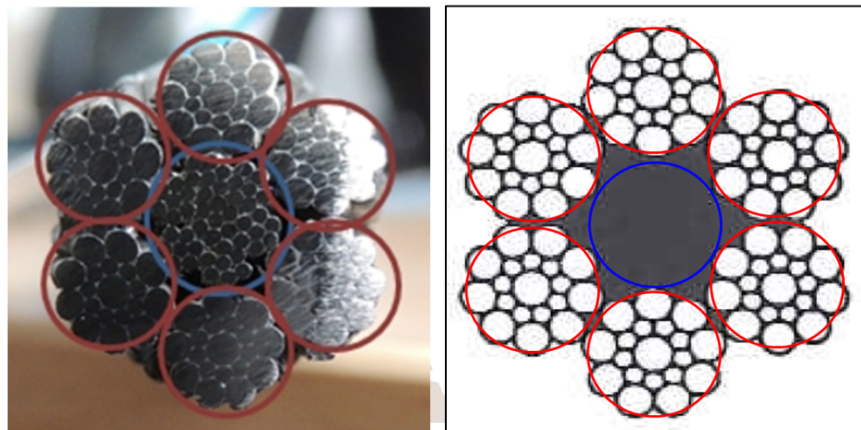
22									
23									
24									
25									
26									
27									
28									
29									
30									
31									
Trefferposition	0,24	2,462	1,039	0,24	945	380	6,256	2,439	
Geschwindigkeit und Energieeintrag (Sony DCR-TRV340E)									
Geschwindigkeit gemittelt über Beobachtungsbereich									
Horizontale Geschwindigkeit gemittelt über	6,256 m				v_x	26,28 m/s			
Vertikale Geschwindigkeit gemittelt über	2,439 m				v_y	10,25 m/s			
Energieeintrag	5.383 kJ				v_{res}	28,21 m/s			
					Blockmasse	13.531 kg			
Geschwindigkeit durch Approximation									
horizontale Annäherungsformel	$x(t) = 26,28077t$				$v_x(0,32)$	26,28 m/s			
vertikale Annäherungsformel	$y(t) = 4,21331t^2 + 9,16433t$				$v_y(0,32)$	11,17 m/s			
Energieeintrag	5.517 kJ				$v_{res}(0,32)$	28,56 m/s			
					Blockmasse	13.531 kg			
Blatt 13	Seite 01	Version 1.0	Einzelbildauswertung der Freiflugphase (Sony DCR-TRV340E)						

Identifikationsprüfungen an Seilen, Netzelementen und EAEs

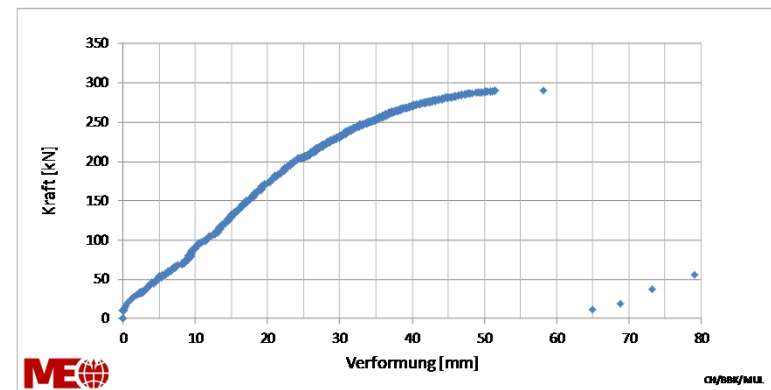
Seile

- Kontrolle der Herstellerzertifikate (als Basis der Sicht- und Zerstörungsprüfung)
- Sichtprüfung aller Funktionselemente (z.B.: Tragseile, Abspannungsseile, etc.) zur Bestimmung des Seiltyp
- Mechanische (Zerstörungs-) Prüfung an 2 Proben pro Seiltyp

Seilkonstruktion



Probennummer IP0314/S02P01 Seiltyp 20 6x19 S - IWRC 1770 N/mm² B sZ



Mindestbruchlast	252,00 kN	
Herstellerwert (vgl.: Zertifikat)	286,17 kN	
Ermittelte Bruchlast	290 kN	entspricht 115% der Mindestbruchlast 101% des Herstellerwerts



MONTANUNIVERSITÄT LEOBEN
Franz-Josef-Straße 18
A-8700 Leoben
Department MINERAL RESOURCES & PETROLEUM ENGINEERING
Lehrstuhl für Bergbaukunde, Bergtechnik und Bergwirtschaft
Leiter: Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. mont. P. MOSER

www.unileoben.ac.at

Bericht der Prüfung des
Steinschlagschutzsystems **TS-5000-ZD**
nach der ETAG 27
durch die Trumer Schutzbauten GmbH
am firmeneigenen Prüf- & Forschungszentrum
am Steirischen Erzberg
im September 2008

Prüfbericht Nr. 0408
Autor: Dipl.-Ing. Christian Heiss
Leoben, im März 2009



mining engineering
mineral economics

RAW MATERIALS FOR OUR FUTURE



Inhalt

- Allgemeine Systembeschreibung
- Komponentenliste
- Zertifikate
- Systemzeichnungen
- Prüfanordnung
- Ergebnisse MEL-Test
- Ergebnisse SEL01-Test
- Ergebnisse SEL02-Test
- Komponententest
- Bestätigung durch BBK



Erght an

- Systemproduzenten
- Zulassungsstelle (OIB)

- ➔ Produktentwicklung (**Produzent**)

Produktzulassung

- ➔ Zulassungsprüfung (**Zulassungstelle**) nach ETAG 027 durch **Prüfstelle**
- ➔ Ausstellung einer ETA (Europäischer Technischer Zulassung) durch **Zulassungstelle**

Produktzertifizierung

- ➔ Systemerstprüfung (**Zertifizierungsstelle**) nach ETAG 027 durch **Prüfstelle**
- ➔ WPK nach System 1 (**Zertifizierungsstelle**) durch **Inspektionsstelle**
- ➔ Ausstellung Zertifikat (**Zertifizierungsstelle**)
- ➔ **Konformitätserklärung und CE-Kennzeichnung** (Produzent)



- ➔ Produktentwicklung (**Produzent**)

Produktbewertung

- ➔ Produktbewertung (**Bewertungsstelle**) nach EAD (Europäischen Bewertungsdokument) **zur Zeit EAD=ETAG027**

- ➔ Ausstellung eines ETA (Europäischer Technischen Bewertung) durch **Bewertungsstelle**

Produktzertifizierung

- ➔ Systemerstprüfung (**Zertifizierungsstelle**) nach EDA durch **Prüfstelle**
- ➔ WPK nach System 1 (**Zertifizierungsstelle**) durch **Inspektionsstelle**
- ➔ Ausstellung Zertifikat (**Zertifizierungsstelle**)
- ➔ **Leistungserklärung und CE-Kennzeichnung** (Produzent)



Simulierter Energieeintrag entspricht nur entfernt der Realität

- Regelmäßige Blockform
- Nur Translationsenergie

Systembelastung im „weichsten“ Systembereich

- Liefert (eventuell) die maximale Systemverformung
- Liefert **nicht** die Maximallast für Energieeintrag
- Führt zu „**punktgenauer**“ Systementwicklung

Systembeurteilung

- Bezieht sich nur auf das Zentralfeld
- Keine Aussage über Funktionalität des Systems nach Energieeintrag

Systementwicklung

- Immer höhere Energien
- Fokus auf „**Wirtschaftlichkeit**“ und „**Montagefreundlichkeit**“ auf Kosten der Sicherheit





Danke für die Aufmerksamkeit

Glück Auf!

CATCH



IF YOU CAN

YES, WE CAN !

christian.heiss@unileoben.ac.at