

# **Geschichte, Sicherungsmaßnahmen und Alarmsystem im Steinbruch Spitz an der Donau**

Michael BERTAGNOLI, Joachim SCHWEIGL

## **1. Einleitung**

Der Steinbruch Spitz wurde durch eine falsche Abbauplanung und -führung in Zustände gebracht, durch die es seit 1961 zu mehreren Felsstürzen gekommen ist. Der letzte bedeutende Felssturz ereignete sich im Jahre 2002. Da neben dem ehemaligen Steinbruchareal, die Eisenbahn, der Radweg und die Bundesstraße B3 sowie vor allem die Verkehrsteilnehmer der genannten Infrastruktureinrichtungen gefährdet waren, mussten Sicherungsmaßnahmen durchgeführt werden, die unter anderen ein Alarmsystem beinhalteten.

Da die ehemaligen bergbauberechtigten Firmen in Konkurs bzw. die verantwortlichen Personen verstorben sind, und daher für die Behörde nicht mehr greifbar waren, konnte die zuständige Behörde die Sicherungsmaßnahmen niemanden anordnen und mussten die Kosten für die notwendigen Mindestsicherungen und das Alarmsystem von der öffentlichen Hand sowie den zuständigen Erhaltern der Infrastrukturen (Bahn, Straße) getragen werden.

## **2. Geschichte und geologischer Überblick**

Seit 1800 wurde in Spitz an der Donau im Bereich des Steinbruches Marmor abgebaut.

März 1961 – erster Felssturz, ca. 70.000 m<sup>3</sup>

Mai 1982 – Rissbildungen über der oberen Abbruchwand

Oktober 1984 - Felssturz, ca. 10.000 m<sup>3</sup>

April 1996 - Felsbewegung über oberer Bruchwand

November 1997 - Einstellung der Gewinnung durch die Berghauptmannschaft Wien, Firma Fehringler geht in Konkurs

Oktober 2002 - Felssturz, ca. 80.000 m<sup>3</sup>

Jänner 2004 – Bau eines 5 m hohen, 120 m langen Schutzdammes im Auftrag der Bezirkshauptmannschaft Krems

April 2006 – kleiner Felssturz, 3.000 m<sup>3</sup>

Dezember 2006 – Ausführungsprojekt Sanierungsabbau von der Montanuni Leoben

Oktober 2006 bis April 2007 - Verstärkung des Schutzwalles und Installation eines Alarmsystems, teilweise Beräumung der Schutthalde.

### **Geologischer Überblick**

Der ehemalige Steinbruch Fehringler befindet sich am Südrand der Böhmisches Masse in der Drosendorf-Einheit (Bunte Serie). Das vorherrschende Gestein ist blaugrauer bis hellgrauer grobkristalliner Marmor mit kalksilikatischen Lagen; welcher über Jahrzehnte abgebaut wurde. Im Marmor befinden sich cm- bis m-dicke Amphibolitlagen, die retrograd zu biotitreichem Gestein umgewandelt wurden. Quer zur Schieferung sind von cm- bis m-starke Gänge von Pegamatit und Aplit intrudiert. Die schieferungsparallelen biotitreichen Lagen bildeten die

Hauptgleitflächen für die großvolumigen Felsbewegungen. Die Mächtigkeit der einzelnen Marmorlagen schwankt zwischen wenigen Zentimetern und mehreren Metern.



*Marmor mit Aplitgang*



*abgerutschter Block vom Felssturz 2006*

Tektonisch wurde der Steinbruch auch von der nahe vorbeiziehenden NE-SW streichenden Diendorf Störung beeinflusst. Die Schieferungsflächen fallen mittelsteil (30 bis 50°) nach Osten bis Südosten zur Donau hinein, d.h. mehr oder weniger hangparallel. Bei den Klufflächen gibt es zwei vorherrschende Systeme: subvertikale Klufflächen mit Ost-West-Streichen und steilstehende Klufflächen mit Einfallen nach Westen. Weiterhin sind Faltenachsen in NO-SW – Richtung zu beobachten.

Die Unterschneidung der Schieferungsflächen durch die Abbautätigkeiten führte zu den Felssturzereignissen. Wind, Wetter und Frost-Tauwechsel führen regelmäßig zur Auslösung von Steinschlag an den destabilisierten Abrisskanten.

### **3. Sicherungsmaßnahmen**

Aufgrund der komplexen rechtlichen Situation wurden zwischen 1997 und 2007 geologische, geotechnische und bergbautechnische Gutachten erstellt, welche zahlreiche Sicherungsmaßnahmen vorschlugen. Da kein Betreiber mehr greifbar war, wurde von den Behörden und den Infrastrukturbetreibern nur das absolut notwendige Minimum an Sicherungsmaßnahmen für die Verkehrsteilnehmer gesetzt.

Zunächst wurde als Folge des Felssturzes (Oktober 2002) im Zeitraum von Dezember 2003 bis Jänner 2004 im Auftrag der Bezirkshauptmannschaft Krems ein 5 m hoher und 120 m langer Schutzwall aus Serpentin und Abraum aus dem Steinbruch Wanko in Paudorf errichtet, der zwischen dem ehemaligen Brechergebäude bis zum nördlichen Ende des Steinbruches situiert wurde.

In weiteren geologischen, geotechnischen Gutachten wurde 2004 bis 2006 festgestellt, dass durch den Damm die Gefährdungssituation für die Infrastruktureinrichtungen zwar verbessert wurde, trotzdem noch eine Gefahr für Steinschlag und Felssturz auf die Eisenbahn, den Radweg und die Bundesstraße B3 gegeben ist. Daher wurden weitere Sicherungsmaßnahmen gegen den jährlichen Steinschlag und die kleinen Felsstürze von der Straßenbauabteilung Krems und der ÖBB zwischen Oktober 2006 und April 2007 durchgeführt. Diese beinhalteten die Erhöhung und Verstärkung des bestehenden Schutzdammes sowie die Errichtung eines 3 m hohen Steinschlagschutzzaunes und eine teilweise Beräumung der alten Sturzhalde zur

Schaffung eines größeren Sturzraumes. Zusätzlich wurde zwischen Februar und April 2007 ein Alarmsystem zur Warnung vor langfristigen Gefahren im Steinbruch installiert, das noch in Betrieb ist. Das Alarmsystem besteht aus drei Fissurometern sowie einem Alarmzaun mit Geophon. Die ursprünglich auch drei eingesetzten Geophone (von März 2007 bis August 2009) wurden mittlerweile aus dem System genommen. Seit August 2009 wird zusätzlich auch ein Georoboter, welcher im Dezember 2008 installiert worden ist, eingesetzt.



*Schutzdamm im April 2007*



*Schutzdamm mit Alarmzaun im April 2007*

Als langfristige Sicherungsmaßnahmen wurden in den oben erwähnten Gutachten unter anderen eine Steinschlagschutzgalerie oder ein Sanierungsabbau vorgeschlagen. Für den Sanierungsabbau wurde vom Institut für Bergbaukunde der Montanuniversität Leoben 2006 ein Konzept ausgearbeitet, welches vorsah, dass der Sanierungsabbau von einer privaten Firma im Rahmen einer MinroG-Bewilligung übernommen wird. Trotz intensiver Bemühungen durch das Land NÖ sowie der Gemeinde Spitz konnte diese Lösung nicht umgesetzt werden.

#### **4. Alarmsystem**

Während die vorher beschriebenen kurzfristigen Sicherungsmaßnahmen zwischen Dezember 2003 und April 2007 die vorhandenen Infrastrukturen und Verkehrsteilnehmer gegen Stein Schlag und kleine Felsstürze schützen, ist das Alarmsystem dazu da, rechtzeitig vor einen großen Felssturz zu warnen. Dieses Alarmsystem in der jetzigen Form besteht aus einem Georoboter, drei elektronischen Fissurometern, einem Alarmzaun, einem Schutzwall und einem Geophon im Schutzwall. Wird der Grenzwert dieser Geräte überschritten oder durch einen großen Felsblock entweder der Alarmzaun herausgerissen oder das Geophon im Damm beschädigt, löst das System sofort Alarm aus.

Im Alarmfall wird die Straßenampel auf Rot geschaltet, eine Sirene ertönt im Steinbruch. Gleichzeitig werden die Landeswarnzentrale, die Polizeiinspektion (BLS) Krems, die Straßenmeisterei Spitz sowie die NÖVOG (früher ÖBB) sofort per Telenot verständigt. Weitere Beteiligte werden entsprechend einem Alarmierungsschema der BH Krems verständigt.

Das Alarmsystem in Spitz besteht aus neben den eben beschriebenen technisch aufwendigen Maßnahmen auch aus einem kostengünstigen System, das allerdings nicht eine dauerhafte Überwachung bietet, sondern als Ergänzung zu sehen ist. Es handelt sich dabei um Vermessungen des Areals durch die Abt. BD3 des Amtes der NÖ Landesregierung mit dem Laserscanner und um einfache Metallspione.

## 4.1 Metallspione

An zwei offenen Klüften an der großen Gleitfläche 2002 in der Mitte des Steinbruches wurden insgesamt fünf Metallspione montiert. Diese bestehen aus 1 cm dicken Torstahlstangen, die links und rechts der Kluft fix montiert und dann in der Mitte durchgeschnitten werden.



*Metallspione an großer offener Kluft*



*Metallspion 4*

Die fünf Metallspione wurden im April 2008 montiert und werden seitdem zwei Mal jährlich händisch mit Schublehre vermessen. Nur im Jahre 2013 beim Donauhochwasser gab eine klare Bewegung von bis zu 4 mm, vor allem an Spion 4. Die restlichen Jahre von 2008 bis 2015 lagen mögliche Bewegungen im Bereich des Messfehlers von +/- 1 mm.

## 4.2 Terrestrischer Laserscanner

Der terrestrische Laserscanner misst mittels Laserstrahl die Entfernung und die Richtung zum betroffenen Objekt. Aus der gemessenen Distanz und der Ausrichtung des Messstrahls werden lokale 3D Koordinaten errechnet. Laserscanner sind auf eine fixe Entfernung fokussiert. Das bedeutet, dass die Querschnittsfläche des Messstrahles (Spotgröße) entfernungsabhängig ist und mit der Entfernung größer wird.

Die Qualität der Messung ist im Wesentlichen von folgenden Faktoren abhängig: Abstand zum Objekt, Auftreffwinkel der Messstrahls an der Oberfläche, Oberflächenbeschaffenheit (Streuung der Reflexion), Objektgröße und Punktdichte.

Die Genauigkeit hängt von den oben genannten Faktoren ab und kann je nach Objekt zwischen Zentimeter und Dezimeter variieren.

Das Ergebnis der einzelnen Scans ist eine 3D Punktwolke in einem lokalen Koordinatensystem. Pro Gerätestandpunkt entstehen unabhängige 3D Punktwolken die mit hoher Genauigkeit verknüpft werden können.

Zusätzlich zur Distanz wird auch die Intensität des reflektierten Messstrahls erfasst. Das ermöglicht die Verwendung von Verknüpfungspunkten in Form von Reflektoren oder Folien. Anhand dieser Verknüpfungspunkte werden die lokalen 3D Koordinaten der einzelnen Scans zu einem Koordinatensystem zusammengefasst.

Aus der 3D Punktwolke werden Folgeprodukte, wie Geländemodelle, Schnitte, Flächen und Volumina, abgeleitet. Die Genauigkeit dieser Punkte liegt bei einigen Zentimetern.

Vom ehemaligen Steinbruch in Spitz wurden zwischen 2004 und 2015 mehrere Laserscan Aufnahmen durchgeführt. Sie zeigen bisher nur geringfügige Bewegungen in der Felschutthalde und geringe Volumenveränderungen, an den Felswänden, wo es vor allem im Frühjahr zu Steinschlag kommt.

### 4.3 Vollautomatische Bewegungsmessungen

Bewegungsmessungen, die im Prinzip rund um die Uhr ein Schutzobjekt überwachen können. Sie sind sehr teuer und aufwendig.

#### 4.3.1 Vollautomatischer Tachymeter (Georoboter)

Es handelt sich um einen Präzisionstachymeter (siehe oben), der vollautomatisch minimal alle 30 Minuten jeden von mehreren Punkten in einer Felswand oder Rutschung misst. Falls der eingestellte Grenzwert überschritten wird, wird Alarm ausgelöst. Im ehemaligen Steinbruch in Spitz an der Donau misst er 32 Punkte in knapp einer halben Stunde. Anfang 2009 wurde mit einem Intervall von einer halben Stunde gemessen, nach einem halben Jahr mit einem Intervall von 1 Stunde und seit heuer mit einem Intervall von 2 Stunden, da sich bisher kein einziger Punkt in der Felswand bewegt hat. Die Schwankung der Messungen pro Punkt im Tages- und Jahresverlauf beträgt aufgrund von Staub, Dunst, Nebel, Regen, Temperatur, Schneefall und Sonneneinstrahlung +/- 10 mm. Die Messgenauigkeit liegt im Steinbruch Spitz bei optimalen Wetterbedingungen (kein Starkregen, kein Nebel) bei +/- 5 mm. Ein bis zwei Mal pro Jahr fällt das Messgerät für einige Stunden aus. Die Messdaten werden über GSM Verbindung auf einen Server übertragen und sind im Internet abrufbar. Das Bedienungsprogramm ist nicht benutzerfreundlich. Die gesamte Anlage wird zweimal pro Jahr überprüft und gewartet, der Tachymeter alle zwei Jahre.

Die Anlage wird von einer Spezialfirma betreut und gewartet. Sie ist sehr kostspielig und empfindlich. Für eventuelle Stromausfälle wurden Akkumulatoren eingebaut. Für die zeitgerechte Erkennung von Felsbewegungen und eine dauerhafte Überwachung ist der Georoboter neben den elektronischen Fissurometern eine sinnvolle Alternative. Die Daten selbst sind für den Geologen leicht interpretierbar.

Vorteil der Totalstation sind eine hohe Messgenauigkeit und geringe Fehlalarmraten bei Installation einer stromnetzunabhängigen Notstromversorgung. Außerdem sind große Felsbereiche rasch überwachbar.



*Hütte mit vollautomatischen Tachymeter*



*Reflektor in der Felswand*

### 4.3.2 Elektronische 2-D und 3-D Fissurometer (Extensometer)

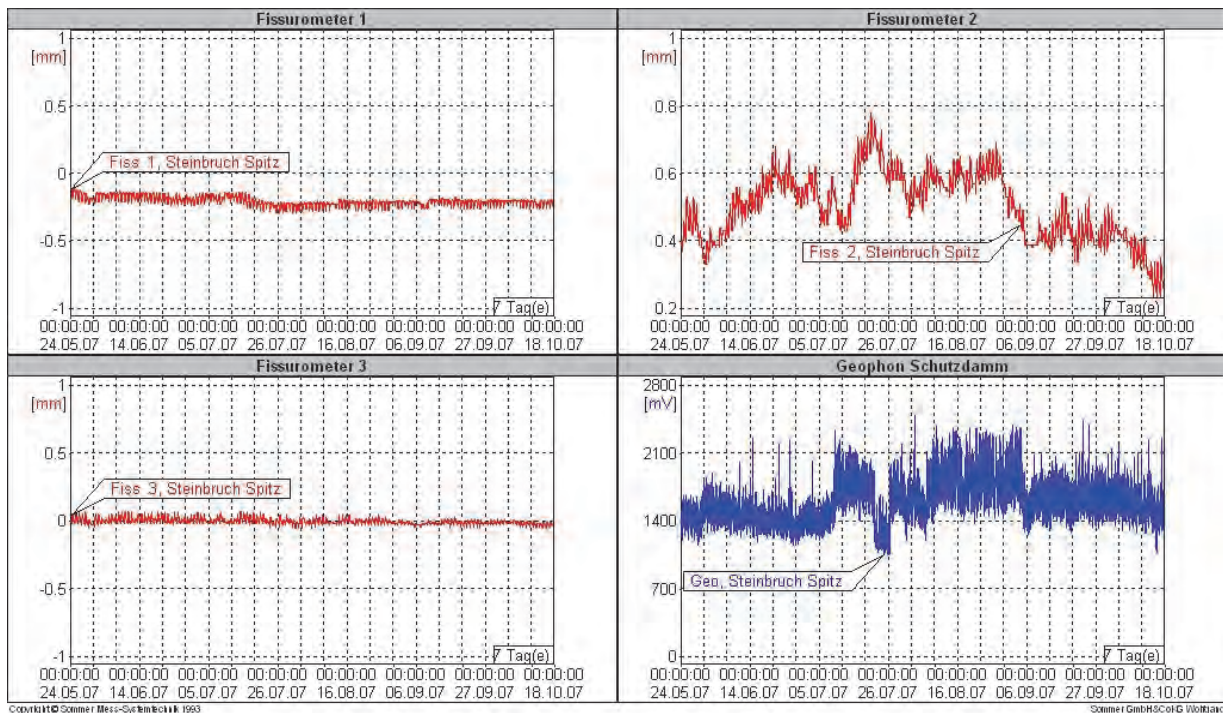
Elektronische Fissurometer dienen zur automatischen Messung der Änderung von Kluftweiten an Felsformationen oder Gebäudeteilen. Zweidimensionale Fissurometer messen die Kluftweite zwischen zwei parallelen Flächen als Parallel-Fissurometer oder zwischen zwei senkrecht zueinanderstehenden Flächen als Normal-Fissurometer. Dreidimensionale Fissurometer erfassen Verschiebungen über die drei Vektoren x,y,z. Es sind Messbereiche bis zu 300 mm möglich. Um thermisch bedingte Bewegungen zu verifizieren, ist eine Lufttemperatur-Messung vorgesehen. Die Übermittlung der Daten erfolgt per Funkdatenübertragung. Eine Kabelanbindung an die Datenerfassung hat den Nachteil, dass sie durch Steinschlag und Blitzschlag gefährdet ist und bei größeren Kabellängen zu Messungenauigkeiten führt. Die Energieversorgung erfolgt über einen Akku, welcher durch eine Solarquelle tagsüber mit Energie gepuffert wird. Bei beiden Varianten ist durch die Übertragung an eine Datenerfassung, sprich Datenlogger (Datensammler), die Möglichkeit gegeben die Daten per DFÜ (Datenfernübertragung) abzurufen. Hier kann man wiederum zwischen zwei Systemen unterscheiden. Einmal kann man die erfassten Daten per Telefonmodem, analog oder digital, mit der entsprechenden Software von der Erfassungsstation abfragen und mittels einer Visualisierungssoftware graphisch darstellen. Wobei hierbei eine Datenaktualisierung nur bei jeder Datenfernabfrage erfolgt. Dies setzt voraus; dass bei jeder Systemänderung am Computersystem auch die entsprechenden Softwareupdates der Abfrage- und Visualisierungsprogramme erfolgen müssen. Daher hat sich in den letzten Jahren die Onlinedatenübertragung per Datenpaket basierenden GPRS-Modem etabliert. Nicht nur aus den Grund das die Kosten im Betrieb wesentlich günstiger sind als bei einer Datenabfrage per Modem, sondern auch deswegen, dass die Daten im Minutenintervall an einen Server übertragen werden und somit online zur Verfügung stehen. Somit ist möglich per Browser jederzeit Einsicht auf die Daten zu haben.



2-D Fissurometer mit Funkübertragung



3-D Fissurometer mit Funkübertragung



Verlauf der Fissurometer und des Geophones im Schutzdamm von Mai bis Oktober 2007

### 4.3.3 Geophone

Felsgleitungen, Steinschlagereignisse, Murenabgänge etc. verursachen im Untergrund Erschütterungen, die mit triaxialen Geophonen in elektro-magnetische Signale umgewandelt werden. Diese Signale werden in einer Aufzeichnungseinheit graphisch als Schwingungen sowie numerisch als Schwinggeschwindigkeit mit den dazugehörigen Frequenzen in den drei Koordinatenrichtungen dargestellt. Die Messungen erfolgen kontinuierlich wobei erst bei Überschreitung eines zuvor festgelegten Schwellenwertes (= Triggerwert) die Datenaufzeichnung erfolgt.

In Spitz an der Donau wurde im Zeitraum 2007 bis 2009 neben den Fissurometern sowie dem Alarmzaun, auch ein Erschütterungsmesssystem zur Detektion von Felsbewegungen sowie als Grundlage eines Alarmsystems zur Sperre der angrenzenden und gefährdeten Infrastruktureinrichtungen (Bahn, Straße, Fuß- und Radweg) installiert. Das von den ÖBB aufgrund einer Expertise der ILF Ingenieure geforderte System bestand aus an 3 Stellen aufgestellten dreiaxialen Schwingungsaufnehmern sowie einer Aufzeichnungs- und Steuereinheit. Die Geophone wurden auf Betonsockeln, die bis in den festen Fels eingebunden waren, aufgestellt und waren durch in Schutzrohren verlegte Datenleitungen mit dem Aufzeichnungsgerät verbunden. Die Stromversorgung erfolgte über das Stromnetz.

In einer Testphase wurden sämtliche Erschütterungen ohne Vorgabe einer Triggerschwelle aufgezeichnet. In dieser Zeit wurden sehr viele Ereignisse aufgezeichnet, obwohl kein sichtbarer größerer Steinschlag oder gar ein Felssturz stattfanden. Die zahlreichen Ereignisse konnten nicht einem Steinschlag oder Felssturz zugeordnet werden und beanspruchten die Speicherkapazitäten des Datensammlers sehr. Mit der Überlegung, dass bei einem eintretenden Felssturzereignis höhere Erschütterungen auftreten werden, wurde mit Vorgabe eines Triggerwertes (nur alle Erschütterungen größer als der Triggerwert wurden aufgezeichnet), die Anzahl der Messereignisse durch Herausfilterung der meisten nicht relevanten Messdaten deutlich reduziert. Die Daten konnten über ein Modem fernabgefragt werden. Für kleinere

Steinschläge mit Blockgrößen unter 10 m<sup>3</sup> war und sind sowieso der Schutzdamm und Steinschlagschutzzaun vorhanden.

Die Geophone wurden in das Alarmsystem eingebunden, wobei ab einem definierten Alarmwert automatisch das weiter oben angesprochene Alarmierungsschema der BH Krems aktiviert wurde. Gleichzeitig wurde die installierte Ampelanlage auf Rot gestellt.

Durch die Geophone wurden pro Jahr mehrmals Alarme ausgelöst. Die Alarme erwiesen sich stets als Fehlalarme, hervorgerufen durch Erschütterung, verursacht durch Gewitter, Wild, sowie Stromschwankungen, etc.

Nach 2-maligem Totalschaden durch Blitzschlag wurden die Geophone nicht mehr ersetzt und aus dem Monitoring- und Alarmsystem genommen.

Das Institut für Geophysik der TU Wien fand nach einer detaillierten Analyse der Kenndaten, insbesondere der Signalfrequenzen von insgesamt 9363 Ereignissen, die in der Periode von März 2007 – August 2009 zur Triggerung des seismischen Warnsystems führten, heraus, dass nur 65 Ereignisse auf seismische Quellen zurückzuführen sind. 9 Ereignisse standen mit Steinschlägen in Zusammenhang, die bei einem Feldversuch am 23. April 2007 künstlich ausgelöst wurden. Den anderen Ereignissen konnte kein Steinschlag zugeordnet werden. Diese Ereignisse müssen also als Fehlalarme klassifiziert werden. Auffallend ist weiter, dass nur bei einem Ereignis die Trigger-Schwelle an 2 Messstationen überschritten wurde. Alle anderen Ereignisse wurden nur von einer Messstation erfasst.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass zu wenige Geophone installiert wurden, die Anordnung nicht ideal war, die Übertragung der Daten durch am Boden liegende Kabel störungsanfällig war und bei Gewittern die Geräte oft beschädigt wurden.



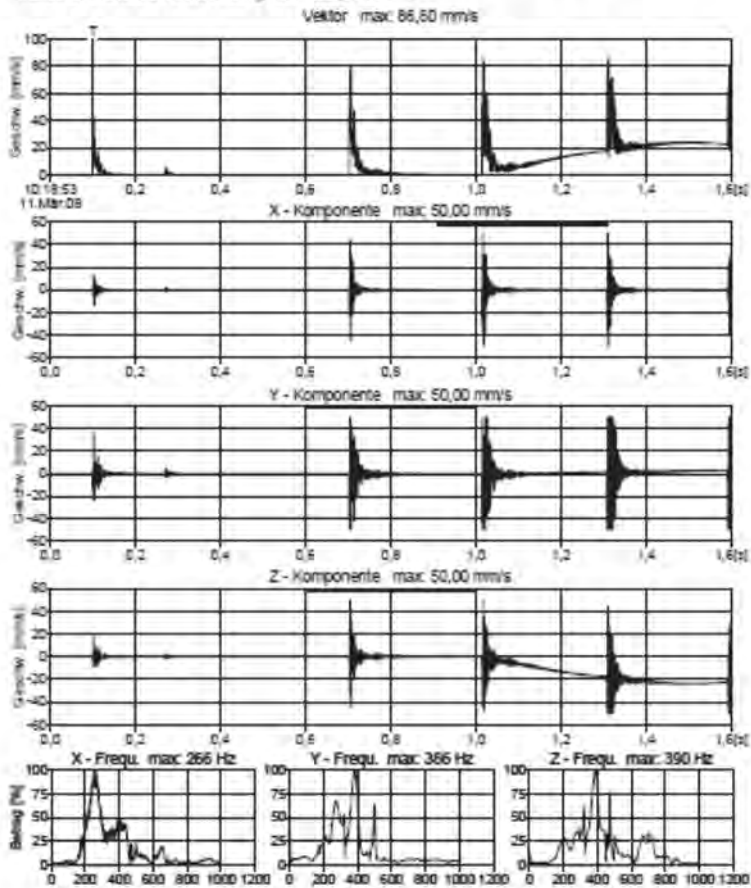
Geophon der Fa. Walesch und Datenlogger der Geophone



Projekt Name : WY FIRST VIBRAS  
 Kunden Name :

Baustellenname : Building site  
 Messstellenname: Sensor 1  
 Messstellennr. : 1 / Mat. ID: 251  
 Geofonversion : Geofon Typ 3; Freq.: ~315Hz  
 Ereignisnummer : 696 / Sprengen  
 Mess-Trigg Ber.: 50,00 mm/s / 10,00 mm/s  
 Messbereichsüberschreitung der Komp. X Y Z

Trigger: 11.03.08 10:18:53  
 Max. V : 86,60 mm/s  
 Max. X : 50,00 mm/s 266 Hz  
 Max. Y : 50,00 mm/s 386 Hz  
 Max. Z : 50,00 mm/s 390 Hz  
 ..\VZ311696.hed



*Beispiel für eine Messung von Geophon 1 während der Beräumung von Felswänden im Steinbruch Spitz im März 2008:*