

Erschütterungsüberwachung bei Großbaustellen – ein Erfahrungsbericht

Dipl.-Ing. (FH) S. Neu, IFB Eigenschenk & Partner GmbH, Pesterwitz

Dipl.-Ing. (FH) Markus Piendl, IFB Eigenschenk, Deggendorf

1. Erschütterungsmessungen der IFB Eigenschenk und IFB Eigenschenk & Partner

Die IFB Eigenschenk & Partner GmbH mit Sitz in Pesterwitz bietet seit 2007 neben weiteren Consultingleistungen die Erschütterungs-/Schwingungsmessung an und hat seitdem über 200 Projekte betreut. Hierzu zählen überwiegend baubegleitende Kurzzeitmessungen, aber auch Dauermessungen über den jeweiligen Bauzeitraum. Dabei sind die Projekte der IFB Eigenschenk GmbH Deggendorf noch nicht berücksichtigt.

Zum Thema der Erschütterungsüberwachung auf Großbaustellen werden im vorliegenden Beitrag anhand zweier ausgewählter Beispiele die Erfahrungen aus zwei unterschiedlichen Methoden und Techniken der Überwachung vorgestellt. Sie sollen nicht nur informativ dem Fachpublikum vorgestellt werden, sondern vielmehr als Grundlage und Ausgangspunkt weiteren fachlichen Austausches und einer fachlichen Diskussion des Pro und Contra beider Techniken dienen und in Abhängigkeit der verfügbaren Kommunikationstechnik letztlich Perspektiven aufzeigen.

2. Erschütterungsüberwachung bei Tiefbauarbeiten mit GSM-BOX – dargestellt am Beispiel Waldschlösschenbrücke in Dresden

Im November 2007 also kurz nach der Erweiterung des Leistungsspektrums erhielt die IFB Pesterwitz den Auftrag zur erschütterungstechnischen Überwachung des Bauvorhabens „Verkehrszug Waldschlösschenbrücke rechtselbisch, PA 2, Los 1“. Im Zeitraum Ende 2008 bis Anfang 2010 waren zeitgleich 28 Messgeräte von Syscom – 26 triaxiale und 2 uniaxiale Sensoren - im Einsatz. Aufgrund abgeschlossener Bauabschnitte laufen gegenwärtig noch 22 Messgeräte bei diesem Vorhaben.



Gegenwärtiger Stand der Bauarbeiten – Blick vom linken Elbufer

In der Zufahrt zur elbquerenden Waldschlösschenbrücke liegt der Teil des Verkehrzuges, welcher aufgrund des zu bauenden Straßentunnels (in offener Bauweise), entlang der wenige Meter entfernten, zumeist denkmalgeschützten Gründerzeithäuser einen schwierigen und sensiblen Teil darstellt.



Tunneltrog Waldschlösschenstraße - 2009



Tunneltrog Waldschlösschenstraße - 2010



Blick auf die denkmalgeschützte Häuserzeile - 2009



Blick auf die denkmalgeschützte Häuserzeile - 2010

Die IFB Pesterwitz hatte zuvor in einer aufwendigen Beweissicherung den Zustand der vorhandenen Bebauung dokumentiert. So wurde anschließend mit Baubeginn auftragsgemäß je Gebäude ein repräsentativer Messpunkt eingerichtet.

2.1. Verwendetes Messsystem



Sensor des SYSCOM MR 2002
am Gebäudefundament

Bei der eingesetzten Messtechnik setzt die IFB ausschließlich auf SYSCOM-Messsysteme. Die Steuerung der Geräte und Auswertung der Daten erfolgt mit Syscom-Software (WINCOM 2.2 und VIEW2002). Mit diesem Großauftrag für das damals junge Geschäftsfeld wurde die IFB Eigenschenk & Partner GmbH vor eine große Aufgabe gestellt: die Verwendung eines sogenannten *network control center* – kurz *NCC* - zur Simultanmessung an mehreren Standorten war aufgrund der Gegebenheiten nicht vorgesehen, sodass die Kommunikation der Einzelstandorte via GSM, der bekannten *RED ALERT-BOX* zum Zuge kam.

Die Aufzeichnung der Messwerte geschieht im Event- und Background-Modus. Momentan wird bei der

Hintergrundmessung ein Rhythmus von vier Tagen verwendet.

2.2. Organisation der Messung - unsere Erfahrungen – unsere Empfehlungen

Der Betreuungsaufwand dieses Projektes stieg augenblicklich mit dem Messbeginn, sodass nicht nur personell, sondern auch infrastrukturell und organisatorisch reagiert werden musste. Nicht nur die Verwaltung und Verwertung der enormen Datenmengen, sondern vielmehr die Kosten für die Datenübertragung ebenso wie die SMS-Alarmierung wurde zum Hauptaugenmerk der organisatorischen Entwicklung und der Kostenreduzierung ohne Qualitätsverlust für unserer Erschütterungsüberwachungen bei diesem und weiteren Projekten.

Hervorgehoben wird an dieser Stelle dabei die Tatsache – und diese beruht auf der Erfahrung mit allen, nicht nur dem hier als Beispiel benannten Bauprojekt, dass die festgestellten Erschütterungen in dem jeweiligen Gebäude für das bauausführende Unternehmen erst dann von Relevanz sind, wenn sie sich über oder um den Bereich der vorgegebenen Grenz- oder Anhaltswerte bewegen. In der Konsequenz verzichtet die IFB Eigenschenk & Partner GmbH zumeist auf Voralarmierungen mit dem sog. „Low-Level-Alarm“. Bei einem einzigen Erschütterungsereignis werden die Kosten für SMS-Alarme somit meist halbiert, da erfahrungsgemäß das auslösende Ereignis zum Voralarm den Schwellenwert des „High-Level-Alarms“ erreicht, wenn man – wie im vorliegenden Bauprojekt beispielsweise – überwiegend eine maximale Schwinggeschwindigkeit von 2,5 mm/s einzuhalten hat. Die

Aufzeichnung eines Einzelerdbebenereignisses erfolgt aufgrund dessen erst bei Anregungen knapp unter dem jeweils für das entsprechende Gebäude maßgebenden Anhaltswert. Die Datenmengen, die dann heruntergeladen und ausgewertet werden müssen, reduzieren sich damit erheblich, ohne dass die Beurteilung an Aussagekraft und Qualität einbüßt.

Ferner werden Störungen und Fehlalarme auf ein Mindestmaß reduziert, indem die Bewohner bzw. zugangsberechtigten Personen der jeweiligen Räume des überwachten Gebäudes, z. B. Hausmeister oder Wartungsdienste, über Sinn und Zweck der Messungen informiert und die Funktionsweise der Alarme kurz erläutert wird. Ein Aushang mit Tabelle über die Zeiten der Raumnutzung erleichtert die Auswertung der Ereignisse.

Neben den vorgenannten Punkten wurde vor allem an den Kosten der SMS-Alarme und Datenübertragung im GSM-Netz gefeilt. Hierzu gehören in der Alarmierungskette bei der Verwendung der RED-ALERT-BOX:

- Verwendung von SIM-Karten mit bestmöglicher Netzabdeckung und SMS-Flatrate oder günstigen SMS-Versandpreisen – gegenwärtig 2 ct / SMS,
- Reduzierung der Alarmempfänger auf das absolut notwendige Maß,
- Funknetzbetreiber mit Post-payed-Abrechnung ohne Vertragsbindung, d. h. es werden nur diejenigen Verbindungen in Rechnung gestellt, die tatsächlich angefallen sind, und ruhende SIM-Karten sind dabei kostenlos.

Der Datenabruf wird – abhängig vom Standort des Betreuers, in unserem Fall meist ein Messingenieur im Außendienst – via Mobilfunknetz abgewickelt, also Mobilfunkgerät i.V.m einem Laptop, Abdeckung der Anrufe zur RED-ALERT-BOX über eine Flatrate bei gleichzeitiger uneingeschränkter Mobilität des betreuenden Messingenieurs. Wesentlicher und für den Kunden entscheidender Vorteil hierbei ist eine Betreuung und Stellungnahme zu Erschütterungsereignissen, wenn dieser sie am dringenden benötigt, nämlich: sofort.

Die Verwaltung und Verarbeitung der Messdaten bei einem wie dem vorliegenden Projekt Waldschlösschenbrücke ist eine ernstzunehmende und wohl zu überlegende Angelegenheit. Müssen in VIEW2002 Messdaten von einem Jahr aufbereitet und visualisiert werden, um beispielsweise ein Abschlussgutachten zu erstellen, stößt man alsbald an die Grenzen dieses Programms, respektive der Rechnerleistung. Oftmals ist die Teilung des Gesamtdatenpools nötig, um vernünftige Ergebnisse zu erreichen.

Voraussetzung für das effiziente Arbeiten mit den Messdaten ist eine eindeutige Dateibenennung. Entgegen der Empfehlung des Handbuchs zur VIEW2002-Software,

Filenamen nicht mehr umzubenennen, haben wir unter Verwendung eines Dateimanagement-Tools keine Datenverluste erlitten. Auch wenn die somit teilautomatisierte Umbenennung auf den ersten Blick hilfreich und schnell erscheint, sollte trotzdem der erhebliche Aufwand im Nachhinein nicht unterschätzt werden. Zur Dateienverwaltung hat sich in unserem Hause bisher eine Systematik bewährt, mit der jeder Dateiname pro Messstation nur einmal vorkommt, nämlich in dem Schema „JJMMX000“, also dem Jahr, Monat, Downloadnummer (fortlaufend von 1 bis 0) gefolgt von der dreistelligen Filenummer für Projekte mit einer Laufzeit von mehr als einem Jahr in Verbindung mit maximal 10 monatlichen Downloads – wie das vorliegende Waldschlösschen-Projekt. Bei Messungen auf Großbaustellen mit Dauerüberwachungen von weniger als einem Jahr oder mehreren erforderlichen Downloads pro Tag folgen wir dem Schema „MMTTX000“, also Monat, Tag, Downloadnummer und dreistelliger Filenummer, welche das MR bekanntlich automatisch vergibt.

2.3. Fazit aus drei Jahren Erfahrung

Die Verbindungskosten mit GSM haben wir im Griff. Wesentliches Manko an der GSM-Verbindung, wie die IFB Eigenschenk & Partner GmbH verwendet, ist die recht langsame Downloadgeschwindigkeit. Zuversichtlich schauen wir der neuen GPRS-Übertragung via Internet entgegen. Die IFB Eigenschenk GmbH Deggendorf hat mit dieser jungen Technik bereits erste gute Erfahrungen gemacht, wie im weiteren beschrieben. Allerdings, und das trifft für das hier vorliegende Bauprojekt wie für die Vielzahl unserer weiteren Projekte zu, wird mangels Internetzugang am Messort die RED-ALERT-BOX über GSM unser hauptsächlichstes Kommunikationsinstrument vorerst bleiben.

3. Erschütterungsüberwachung bei Sprengungen zum Bau einer ICE-Neubaustrecke

Bei einer ICE-Neubaustrecke in Mitteldeutschland wird vom Hauptstollen ein bestehendes und in Betrieb befindliches Glaswerk unterfahren. Von einem geplanten Nebenangriffsstollen wird ein bestehendes Umspannwerk unterfahren. Die Überdeckungshöhen über dem Stollen liegen bereichsweise nur bei 40 m, die maximalen Überdeckungshöhen liegen bei ca. 70 m.

Im Umspannwerk liegen abgesehen von den Fundamenten der Transformatoren und den Mastfundamenten als besonders sensible Bereiche die elektrotechnischen und elektronischen Anlagen in Steuerhäusern und Schaltschränken des Betriebsgebäudes vor. In bereits vorliegenden Voruntersuchungen wurden Grenzwerte für die Schwinggeschwindigkeiten festgelegt. Für die Fundamente wurde ein Wert von 18 mm/s und für elektrotechnische Anlagen ein Wert von 4 mm/s festgelegt. Die Messungen sind im Einflussbereich stark elektromagnetischer Felder durchzuführen.

Im Bereich des Glaswerkes verläuft die Vortriebsstrecke direkt unterhalb einer der Schmelzwannen. In dieser Wanne befindet sich Glasschmelze mit einer Temperatur von rund 1700°C. Die Wannen bestehen aus Schamottmauerwerk. Durch Erschütterungen verursachte Risse in diesem Mauerwerk können zu einem Totalschaden der Wannen führen. Darüber hinaus kann es zu einer Beeinträchtigung der Produktion durch erhöhten Ausschuss infolge Erschütterungseinwirkungen kommen. Auch in diesem Bereich liegt eine Voruntersuchung vor. Dabei wurden die Grenzwerte mit 18 mm/s für Erschütterungen an den Fundamenten und mit 15 mm/s für die horizontale Richtung in der Arbeitsebene der Produktion vorgegeben. Die Messungen sind wiederum im Einflussbereich stark elektromagnetischer Felder, sowie teilweise im Bereich hoher Temperaturen von um die 50°C durchzuführen.

3.1. Verwendetes Messsystem

Die Durchführung der Erschütterungsmessungen erfolgte mit den Messgeräten MR 2002 der Syscom. Jedes Messgerät wurde hierbei mit einem triaxialen Schwingungsaufnehmer ausgestattet. Im Weiteren werden von Syscom das oben bereits erwähnte NCC sowie Termserver zur Herstellung eines Netzwerkes verwendet.

Als Messsoftware wird wie beim vorgenannten Projekt auch hier das Programm Wincom 2.2 verwendet. Die Geräte werden damit so konfiguriert, dass sowohl Ereignisse (events) als Signale bei Überschreiten eines Triggerwertes abgespeichert werden, darüber hinaus ist eine Hintergrundaufzeichnung (background recording) aktiviert. Mit dieser werden in Intervallen von vier Minuten die dabei ermittelten Maximalwerte (Peak) dokumentiert. Jedes Peak-File dokumentiert dabei einen Zeitraum von zwei Tagen. Damit ist eine lückenlose Dokumentation der Maximalwerte über den gesamten Messzeitraum gegeben.

3.2. Aufstellung der Geräte

In den beiden Bereichen sollten jeweils 20 Messgeräte als Mindestumfang installiert werden. Dies sollte als Dauerüberwachung über einen Zeitraum von voraussichtlich 12 Monaten erfolgen. Eine Überwachung der Geräte und eine Datenübertragung über das Mobilfunknetz oder eine andere Funkverbindung ist in den beiden Bereichen nicht möglich. In der Glasfabrik ist in einem Großteil des Produktionsgebäudes wegen zu hoher Abschirmung kein Funkempfang möglich, beim Umspannwerk kann wegen der hohen elektromagnetischen Felder kein dauernder störungsfreier Funkempfang gewährleistet werden.

Es wurde deshalb eine Lösung angestrebt, mit welcher eine Alarmschaltung und Datenübertragung über das Internet ermöglicht wird. Hierzu wurde sowohl im Umspannwerk als auch in der Glasfabrik jeweils ein Internetzugang bereitgestellt.

Zunächst musste jedoch erst eine Datenübertragung von den einzelnen Messgeräten zum Internetzugang hergestellt werden. Im Umspannwerk ergaben sich dabei aufgrund der Weitläufigkeit des Geländes Entfernungen zwischen den einzelnen Messgeräten und dem Internetzugang von bis zu 500 m. Es wurde deshalb in je einer Hälfte des Umspannwerkes ein NCC aufgestellt. An jede dieser Zentraleinheiten können acht Messgeräte MR 2002 angeschlossen werden. Die Verbindung erfolgt über ein Datenkabel, wobei es sich um ein herkömmliches abgestimmtes Telefonkabel (2-Draht-Kupferleitung) handelt. Ein NCC-Gerät sowie vier einzelne Messgeräte befanden sich bereits in der Nähe des Internetzugangs und konnten im Weiterem auf kurzem Wege ins Netz eingespeist werden. Der zweite NCC war in einer Entfernung von ca. 150 m aufgestellt. Die Verbindung zu diesem Gerät erfolgte über eine separate Datenübertragung über eine 2-Draht-Kupferleitung zwischen 2 GSHDSL-Routern.



Bild A: Umspannwerk – GSHDSL-Router

Die NCCs und die einzelnen Messgeräte wurden jeweils über einen Termserver zu einem Netzwerkverbund zusammengeschlossen und können dadurch direkt ins Internet über einen entsprechenden Router eingespeist werden. Da die Termserver jedoch nur lokal E-Mails versenden können, wurde zusätzlich vor Ort ein separater PC aufgestellt. Auf diesem läuft ein lokaler Mailserver, welcher die E-Mails der Termserver entgegen nimmt und diese dann an vorher vereinbarte E-Mail-Adressen weiterleitet.



Bild C: Umspannwerk – Einhausung



Bild D: Glasfabrik nahe Wanne

Bei der Glasfabrik war die Situation insofern einfacher, als dass die Geräte durchweg im Innenbereich aufgestellt wurden. Innerhalb des Gebäudes lag bereits ein Datennetzwerk vor. Dieses wurde entsprechend ausgebaut, um zu jeder Messstelle einen Anschluss herzustellen. Hierfür waren umfangreiche Installationsarbeiten durch eine Fachfirma für Netzwerkinstallation erforderlich.

3.3. Datenübertragung über Internet

Für die Überwachung und Durchführung werden verschiedene Programme benötigt. Ein Automatisierungsprogramm soll zur Arbeitserleichterung und dem Einsparen von Zeit dienen. Es können jedoch nur Alarmmeldungen ohne Angabe der Messwerte von den Messgeräten generiert werden. Es ist deshalb erforderlich, dass nach Erhalt der Alarmmeldung die Files manuell von jedem betroffenen Messgerät übertragen werden.

Die Lösung dieses Problems erfolgt über ein Email-Verwaltungsprogramm, welches auf den Erhalt der Alarmmeldungen reagiert und die zugehörigen Files von jedem Messgerät automatisch abfragt, überträgt und dem zugehörigen Sachbearbeiter zusendet. Dieses E-Mail-Verwaltungsprogramm wurde von der IFB Eigenschenk GmbH selbst für diesen Anwendungsfall entwickelt und kann grundsätzlich auch bei weiteren Bauvorhaben mit ähnlichen Fragestellungen eingesetzt werden.

Im Weiteren ist eine tägliche Kontrolle der Einsatzfähigkeit der Messgeräte unter zugehörigem Hart-Wert durchzuführen, um die Einsatzbereitschaft des gesamten Systems zu prüfen. Die Vorgehensweise wird im folgenden Kontrollplan dargestellt.

Was wenn?

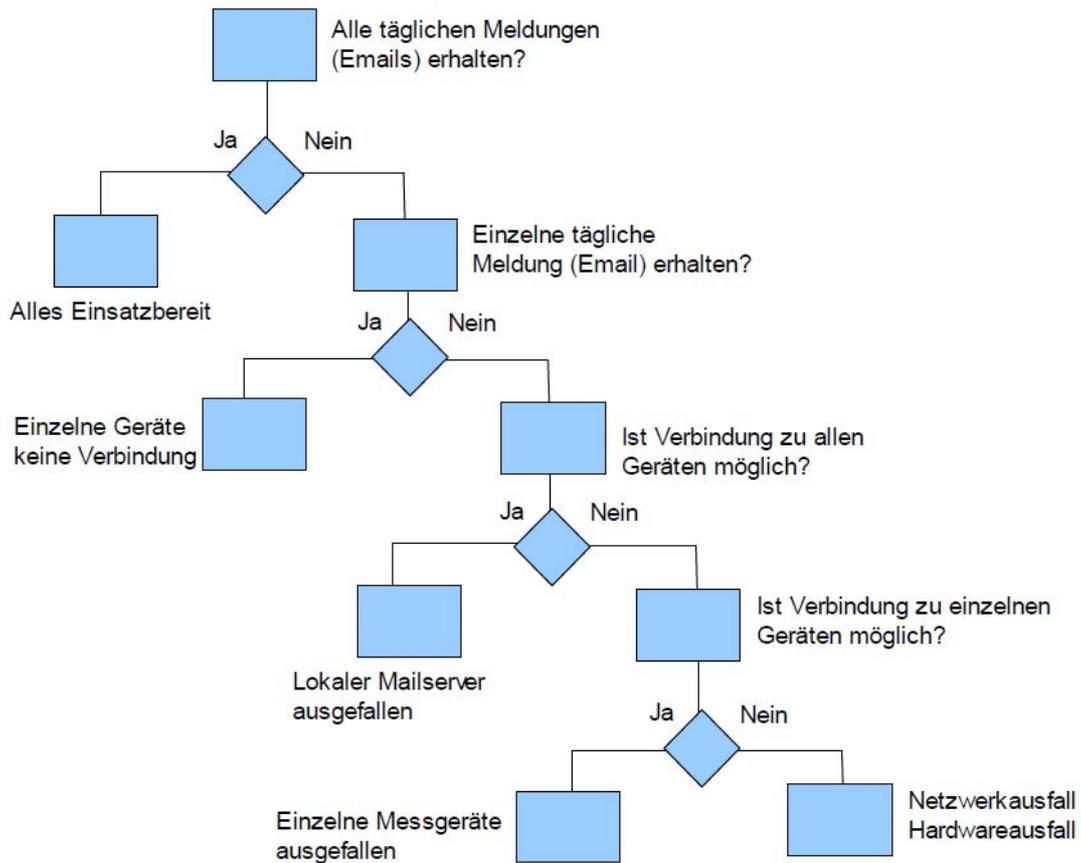


Bild E: Kontrollplan

Jeweils nach Erhalt einer Alarmmeldung werden nach maximal 10 Minuten die zugehörige File-Liste des betroffenen Gerätes per Email übermittelt. Um zu gewährleisten, dass es sich um eine tatsächliche Grenzwertüberschreitung oder Schwellenüberschreitung handelt und kein Fehlarbeit durch Fremdeinflüsse vorliegt, ist eine Plausibilitätsüberprüfung durchzuführen. Diese erfolgt dadurch, dass die Messdaten von weiteren Messgeräten, welche in der Nähe des betroffenen Gerätes aufgestellt worden sind, überprüft werden. Dazu wird ein Peak-File von einem anderen Messgerät übertragen. In diesem Peak-File sollte zur selben Zeit, zu der die Alarmmeldung mitgeteilt wurde, ein erhöhter Wert nachweisbar sein. Wenn dies der Fall ist, wird der Alarm an den Auftraggeber und gegebenenfalls weitere Beteiligte weitergeleitet. In Zweifelsfällen erfolgt ebenfalls eine Weiterleitung der Messdaten.