





Schwingungsmesstechnik am Kirchturm

Anwendungsbericht VibroMatrix

-  Erfassung der Eigenschwingung des Kirchturms
-  Anregung durch Läuten der Kirchenglocken
-  Schwingungsmesssystem VibroMatrix
-  Niederfrequenzaufnehmer 793L



In Zusammenarbeit mit der Firma Royal Eijsbouts hatten wir die Möglichkeit an der Kirche H. Maria- Presentatie in Asten NL verschiedene Messungen zur Eigenschwingung des Kirchturms und zur Schwingungsanregung durch das Läuten der beiden größeren Kirchenglocken durchzuführen.

Ohne großen Aufwand konnten beeindruckende Ergebnisse erzielt werden und direkt von Ort ausgewertet werden.

Die eingesetzte Messtechnik:

Sensorik:

2 Stück
Niederfrequenzaufnehmer 793L
Messbereich: +/-10 g
Empfindlichkeit: 500 mV/g
Frequenzbereich: 0,2 ... 2300 Hz

Anschluss an den InnoBeamer
durch Kabel R6WR-2-J10-32

1 Stück Seismischer Sensor 731A

Messbereich: +/-0,5 g
Empfindlichkeit: 10 V/g
Frequenzbereich: 0,05 ... 500 Hz

Digitalisierung:

InnoBeamer L2
- Anschluß von 2
piezoelektrischen Sensoren mit
IEPE-Verstärker
- USB Schnittstelle
- AD- Wandlung 16Bit
- Signalfrequenz 0,3 ... 2kHz

Auswertung:

InnoAnalyzer Pro
FFT Schwingungsanalyse
-Messgrößen:
Schwingbeschleunigung,
-geschwindigkeit und -weg
- Frequenzbereich 0,3 ... 2000 Hz,
- Frequenzauflösung: bis 5 mHz
- Datenexport: bmp, png, txt

Die Aufnehmer wurden auf Höhe des Glockenfensters direkt über Haftmagnete in Nord-Süd- bzw. Ost-West-Richtung an einem in die Mauer eingelassenen Eisen an der Innenwand montiert. Das Bild der Kirche zeigt die Nordseite des Kirchturms.

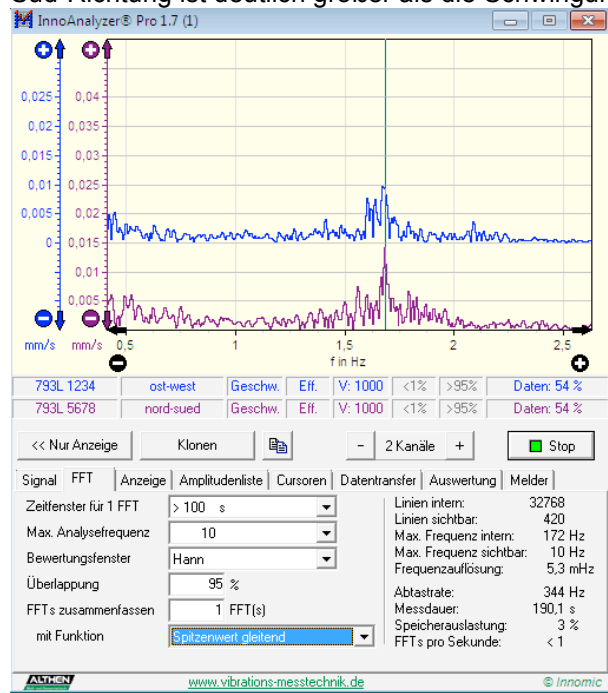
Der InnoBeamer L2 wurde über die USB-Schnittstelle mit dem Notebook verbunden. Die komplette Spannungsversorgung für den InnoBeamer und die Sensoren erfolgt über die USB Schnittstelle des Notebooks. Die Messsignale der beiden Vibrationssensoren 793L werden vom InnoBeamer digitalisiert und können direkt in Echtzeit über das Schwingungsmesssystem VibroMatrix im Notebook dargestellt werden.

Die FFT-Analyse in Echtzeit wurde mit dem Software-Instrument InnoAnalyzer Pro durchgeführt. Die InnoAnalyzer Pro Version ermöglicht neben der Darstellung der Schwingbeschleunigung auch eine

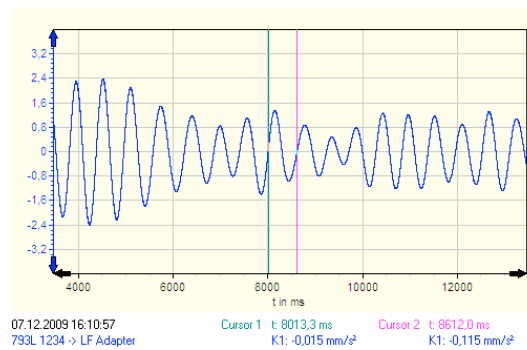
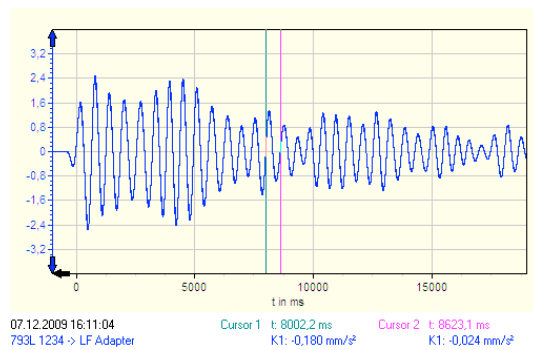
alternative Darstellung als Schwinggeschwindigkeit oder sogar Schwingweg. Die Analyse wurde mit den erweiterten FFT Einstellungen als gleitender Spitzenwert bzw. als Peak-hold durchgeführt.

Gleichzeitig werden die Rohdaten für eine spätere Detailanalyse mitgeschrieben.

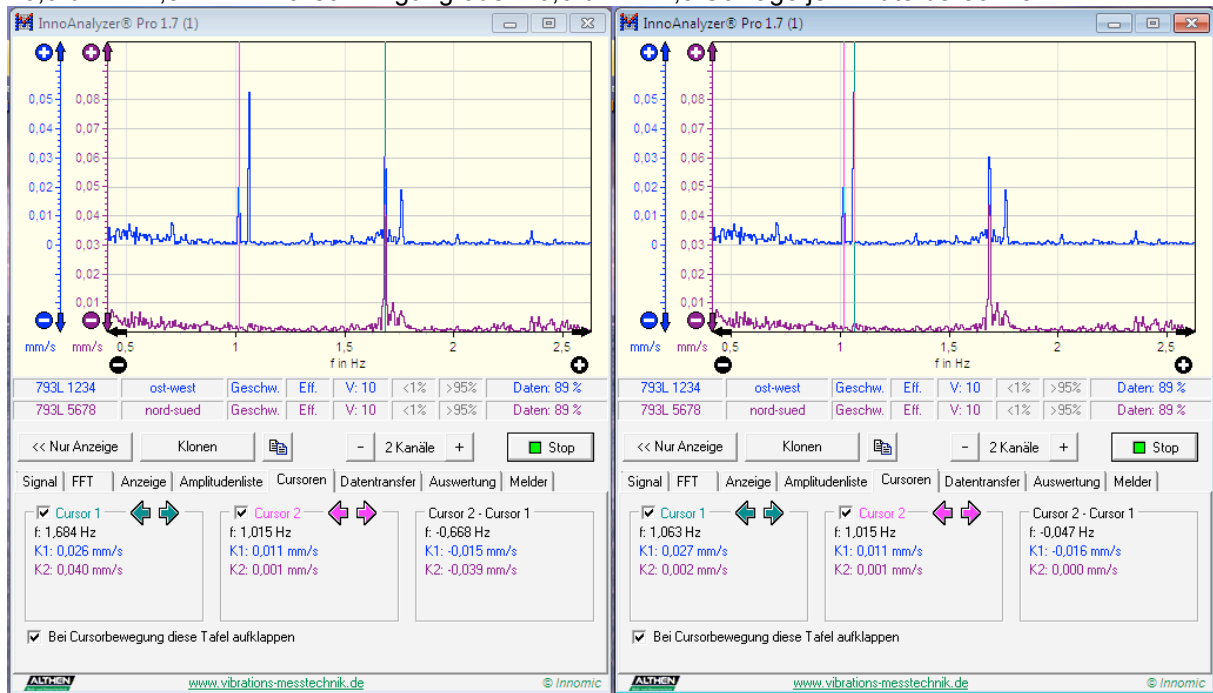
Der folgende Screenshot zeigt die Eigenschwingung des Kirchturms mit ca. 1,6 Hz, die Schwingung in Nord-Süd-Richtung ist deutlich größer als die Schwingung in Ost-West-Richtung



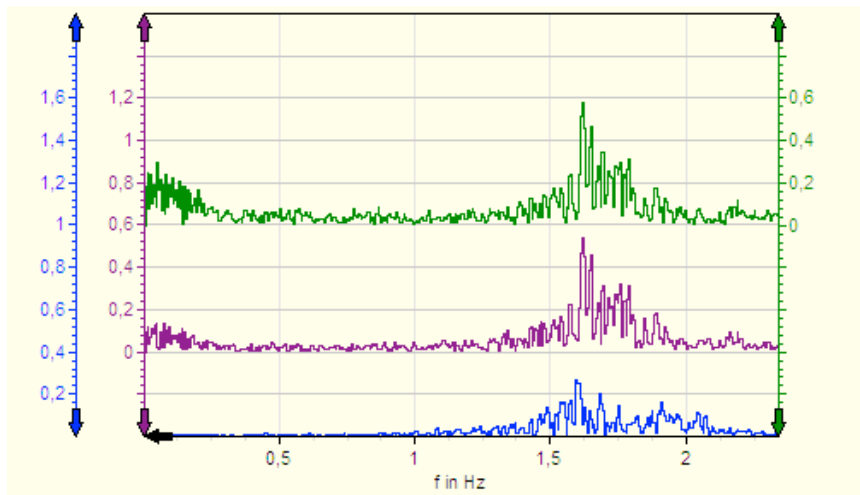
Ergänzend zu den Live-Messdaten wurden die Rohdaten der beiden Messkanäle mitgeschnitten und offline im Büro mit dem InnoScope weiter ausgewertet. Die beiden folgenden Bilder zeigen die Turmschwingung im InnoScope. Mit den beiden Cursors lässt sich einfach die Zeitdifferenz berechnen: 8623,1 ms – 8002,2 ms = 620,9 ms = 1,6 Hz



Die nächsten beiden Screenshots zeigt die Anregung des Kirchturms während dem Läuten der beiden größten Glocken. Die Glocken wurden mit 40 bzw 43 Schlägen je Minute geläutet. Deutlich erkennbar die dritte harmonische Teilschwingfrequenz von 1,015 bzw. 1,063 Hz. Daraus lässt sich die Läutefrequenz von 20,3 bzw. 21,3 1/min. Vollschwingung oder 40,6 bzw. 42,5 Schläge je Minute berechnen.



Zum Abschluss wurden noch Vergleichsmessungen mit einem seismischen Vibrationsaufnehmer 731A und den zuvor verwendeten Niederfrequenzaufnehmer 793L gemacht. Das Bild zeigt deutlich den geringeren Rauschanteil des seismischen Vibrationsensors im Frequenzbereich unter 1 Hz. Für das interessante Frequenzband von 1,5 bis 2 Hz spielt die keine Rolle. Die preiswerteren Niederfrequenzaufnehmer liefern vergleichbare Ergebnisse.



07.12.2009 15:15:54
 731A 3672 -> seismisch Beschleunigung mm/s²
 793L 1234 -> LF Adapter Beschleunigung mm/s²
 793L 5678 -> LF Magnet am Turm Beschleunigung mm/s²