

Messtechnik und Auswertungssoftware

Teil 2: Auswertungssoftware

Transport fragiler Gemälde

Ein Projekt, mitfinanziert durch die Eidgenössische Kommission für Technologie und Innovation (KTI)

Marcel Ryser, Cornelius Palmbach, Matthias Lächli, Thomas Fankhauser, Nathalie Bäschlin, Anita Hoess, Katharina Sautter

Einführung

Im Rahmen der verschiedenen Transportmonitorings, das heisst Messungen von Beschleunigungen und Vibrationen während realen Gemäldetransporten, fällt eine beträchtliche Menge an Datenmaterial an. Die einzelnen Messungen unterscheiden sich dabei in den folgenden Parametern: Anzahl Sensoren, Art der Sensoren, Messposition, Abtastfrequenz und Format der Daten. Um diese insgesamt heterogenen Daten einheitlich und automatisch auswerten zu können, wurde ein Bündel von Programmen in der Software MATLAB erstellt.

Die Grundidee der Auswertungssoftware besteht darin, die Daten stets in ihrer Originalform zu belassen und lediglich die Regeln festzulegen, wie darauf zugegriffen werden soll. Dadurch kann eine übermässige Speicherplatzbelegung aufgrund von Mehrfachspeicherung vermieden werden. Der Fokus der Auswertungssoftware liegt eher auf der universellen Einsetzbarkeit als auf effizienter Datenverarbeitung. Das Softwaredesign sieht deshalb vor, die Auswertung als Stapelverarbeitung laufen zu lassen, z.B. über Nacht.

Das Datenmaterial der Transportmonitorings wird je nach Anforderung nach verschiedenen Gesichtspunkten ausgewertet. Von statistischen Werten über Spektren der Signale bis zur Schockzählung berechnet die Auswertungssoftware alles. Die Resultate können entweder direkt visualisiert oder als csv-Datei (comma separated values) für die weitere Verarbeitung in Excel o.ä. exportiert werden.

MATLAB

MATLAB ist eine kommerzielle Software des Unternehmens The MathWorks, Inc. zur Lösung mathematischer Probleme und zur grafischen Darstellung der Ergebnisse. MATLAB ist primär für numerische Berechnungen mithilfe von Matrizen ausgelegt. Die Steuerung erfolgt mittels Befehlen in der Kommandozeile von MATLAB. Befehle können auch in einer Textdatei als Script zusammengefasst werden, um so Funktionen und Programme zu realisieren. So wurde auch die Auswertungssoftware programmiert.

Ablauf einer Auswertung

Die Auswertung der Messdaten der Logger (siehe [1] Teil 1) erfolgt im Wesentlichen in vier Hauptprozessen. Diese werden schrittweise abgearbeitet, wobei auch der Benutzer einige manuelle Eingaben machen muss. Am Einfachsten lässt sich dies anhand eines Datenflussdiagramms verstehen wie es Abbildung 1 zeigt.

1. Transportinformationen erfassen

In diesem Schritt werden die Transportinformationen vom Benutzer erfasst und abgespeichert. Dazu gehören Sensorpositionen, Ausrichtung der Sensoren, Benennen der Kanäle und Erfassung allgemeiner Daten wie Abtastfrequenz, Startdatum und Startzeit des Transportmonitorings.

2. Daten inspizieren und Modi erfassen

Dieser Schritt ist meistens der zeitaufwändigste für den Benutzer. Die Messdaten mindestens eines Kanals müssen inspiziert, also betrachtet und kontrolliert werden. Basierend auf dem Transportprotokoll werden dabei die Transportabschnitte markiert. Dabei kann der Benutzer zwischen verschiedenen Modi wählen, z.B. „LKW, HANDLING, AIR, HANDLING AIRPORT“. Dadurch können die verschiedenen Sequenzen später separat ausgewertet werden.

3. Analyse definieren und durchführen

In diesem Schritt definiert der Benutzer eine Analyse. Er muss dazu festlegen, welches Signal, welcher zeitliche Abschnitt und welcher Modus berücksichtigt werden soll. Die Analyse wird dann automatisch durchgeführt, was je nach Datenmenge lange dauern kann.

4. Analysresultate visualisieren

Der vierte und letzte Schritt dient der Visualisierung bzw. dem Erstellen von csv-Dateien der Resultate.

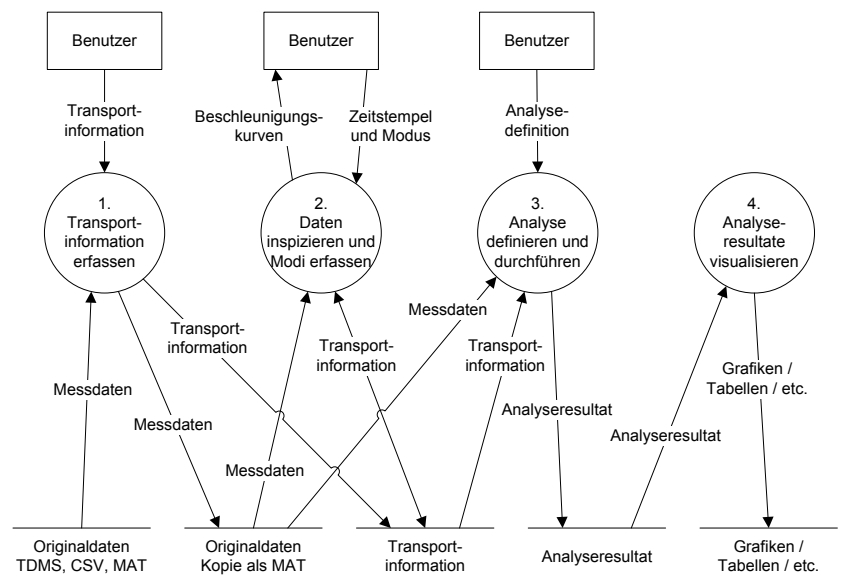


Abbildung 1: Datenflussdiagramm

Auswertungsmöglichkeiten

Eine Analyse bietet verschiedene Möglichkeiten der Berechnung und Auswertung. Die wichtigsten werden nachfolgend kurz behandelt.

Statistik

Die Berechnung umfasst die statistischen Kenngrößen: *Mittelwert*, *Varianz*, *Schiefe*, *Kurtosis*, *rms*, *Maximum* und *Minimum*. Die statistischen Größen werden bei jeder Analyse berechnet und als csv-Datei abgespeichert.

Spektrum

Spektren geben Auskunft über die Frequenzanteile in einem Signal. Berechnet werden sie, indem das Signal einer Fast-Fourier-Transformation unterzogen wird. Daraus wiederum wird dann das Leistungsdichtespektrum (PSD) berechnet.

Frequenzgang

Ein Frequenzgang gibt Aufschluss über das Übertragungsverhalten eines linearen Systems, welches einen Ein- und einen Ausgang besitzt. In unserem Fall wären dies zwei Beschleunigungssensoren, z.B. einer am Gemälde und einer an der Transportverpackung, welche an einem Logger angeschlossen sind. Dies ist wichtig, da die zwei Signale synchron sein müssen, sonst kommt es auch schon bei kleinem zeitlichen Versatz zu einer künstlichen Phasenverschiebung, welche sich in einem verfälschten Frequenzgang bemerkbar macht.

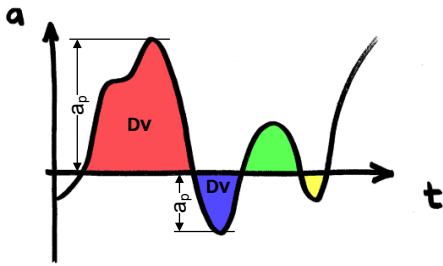


Abbildung 2: Auswertung eines Schocks

Schockzählung

Die Schockzählung hat zum Ziel, eine Aussage über die Anzahl und die Stärke der Schocks in einem Signal zu machen. Ein Schock ist definiert als der Verlauf eines Signals zwischen zwei Nulldurchgängen (positive und negative Halbwellen des Signals). Diese Definition hat zur Folge, dass auch kontinuierliche Vibrationen zu einer Reihe von Schocks führen. Diesem Effekt muss bei der Interpretation entsprechend Rechnung getragen werden. Von jedem Schock werden seine Höhe, also sein Maximalwert, sowie seine Fläche ermittelt und abgespeichert. Im Kontext von Beschleunigungssignalen entspricht die Fläche gerade der induzierten Geschwindigkeitsänderung (Abbildung 2).

Literatur

- [1] M. Ryser, C. Palmbach, T. Fankhauser, N. Bäschlin, M. Läubli, A. Hoess, und K. Sautter, „Messtechnik und Auswertungssoftware“, 2015.