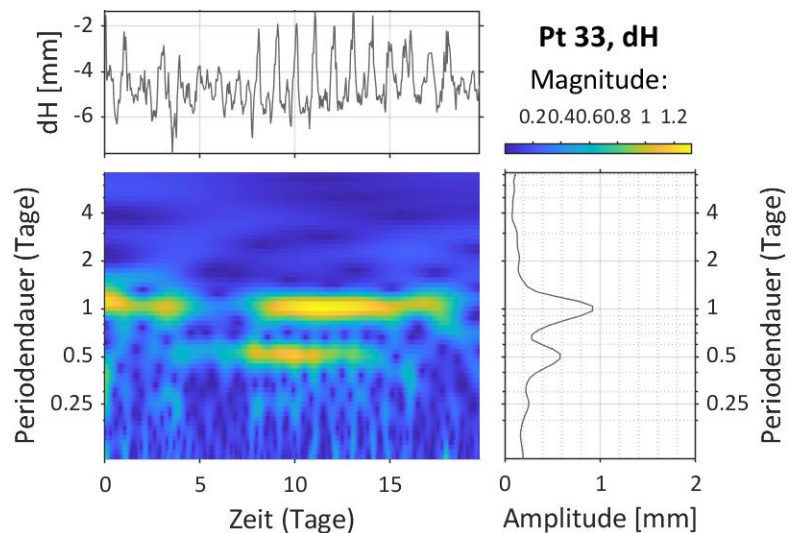


Zusammenfassung Bachelor-Thesis 2020

Analyse von Geomonitoring-Daten mit Hilfe von Zeit- Frequenz-Methoden



Autorin: Eva-Maria Schönauer

Examinator: Prof. Dr. Denis Jordan

Experte: Prof. Dr. Dante Salvini

Analyse von Geomonitoring-Daten mit Hilfe von Zeit-Frequenz-Methoden

Zeitreihen aus geodätischen Überwachungsmessungen können mittels Zeit-Frequenz-Methoden analysiert werden, um zeitliche Veränderungen des Frequenzspektrums, transientes Verhalten, Singularitäten, Messrauschen etc. zu detektieren. Konkrete Projektdaten der Terradata AG wurden mit Hilfe der Wavelet-Transformation untersucht. Die implementierten MATLAB-Skripte ermöglichen die Darstellung und Analyse der Daten im Zeit-Frequenz-Raum. So konnten Korrelationen zwischen Zeitreihen verschiedener Messgrößen festgestellt und einzelne Zeitreihen skalenspezifisch, ohne unerwünschte Signalanteile, rekonstruiert werden.

Schlagerworte: Zeit-Frequenz-Methoden; Zeitreihenanalyse; Wavelet-Transformation; Kurzzeit-Fouriertransformation; Geomonitoring; Tidenhub; MATLAB

1. Zeit-Frequenz-Methoden

Neben der klassischen Zeitreihenanalyse im Zeitbereich (Abb.1, oben) und der Untersuchung im Frequenzbereich (Abb. 1, rechts) können Geomonitoring-Daten auch im kombinierten Zeit-Frequenz-Bereich (Abb. 1, Mitte) analysiert werden.

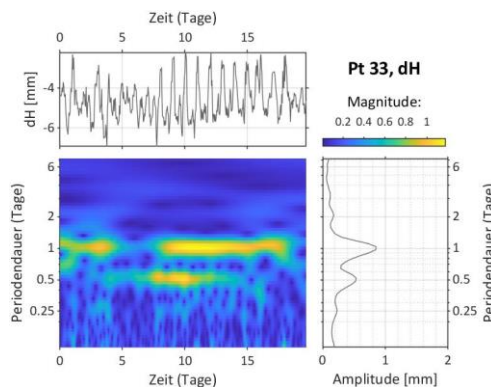


Abb. 1: Geodätisches Messsignal als Zeitreihe, Wavelet-Skalogramm und Amplitudenspektrum

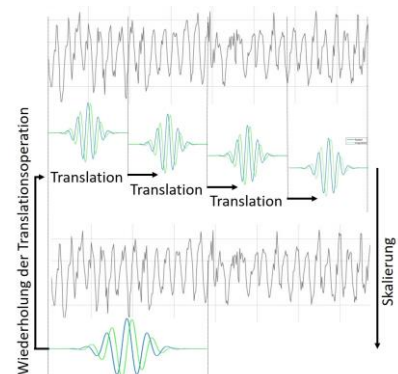


Abb. 2: Prinzip Wavelet-Transformation (mit Morlet-Wavelet)

Die Wavelet-Transformation «vergleicht» das Signal nicht wie die Fouriertransformation mit harmonischen Sinus- und Kosinus-Funktionen, sondern durch eine Faltung mit räumlich begrenzten «kleinen Wellen» (siehe Abb. 2). Die Zeitlokalisierung erfolgt durch Verschiebung der Wavelet-Funktion. Zusätzlich wird diese während des Transformationsprozesses über einen Skalenparameter gestreckt, wodurch sich unterschiedliche Frequenzen mit variabler Zeit-Frequenz-Auflösung erfassen lassen.

2. Praktische Anwendung auf Geomonitoring-Daten

Die analysierten Daten stammen aus einem Projekt von Hanack und Partner mbB (Hamburg) und Terradata AG (Regensdorf-Watt). Im Vorfeld eines Hochhausbaus im Hamburger Hafen wurden in einem Zeitraum von drei Wochen Überwachungsmessungen an umliegenden Brücken und Gebäuden vorgenommen. Das unmittelbare Ziel des Projekts bestand darin, die Korrelation zwischen dem Tidenhub und der Bewegung der umliegenden Bauten festzustellen.

2.1. Vorgehen: Implementierung mit MATLAB

Mithilfe von MATLAB (Signal Processing Toolbox, Wavelet Toolbox) wurden Skripte erstellt und diese auf die vorliegenden Daten angewendet. Der implementierte Prozess umfasst neben der Datenaufbereitung, (1) die Fouriertransformation für die Analyse der Daten im Frequenzraum, (2) die Kurzzeit-Fouriertransformation für die Analyse im Zeit-Frequenz-Raum, (3) die kontinuierliche Wavelet-Transformation für die Zeit-Skalen-Analyse, (4) die Wavelet-Kohärenz-Analyse für das Aufdecken von Korrelationen zwischen verschiedenen Zeitreihen und (5) die Multi-Skalen-Analyse und skalenspezifische Signalrekonstruktion.

2.2. Visualisierung und Interpretation der Resultate

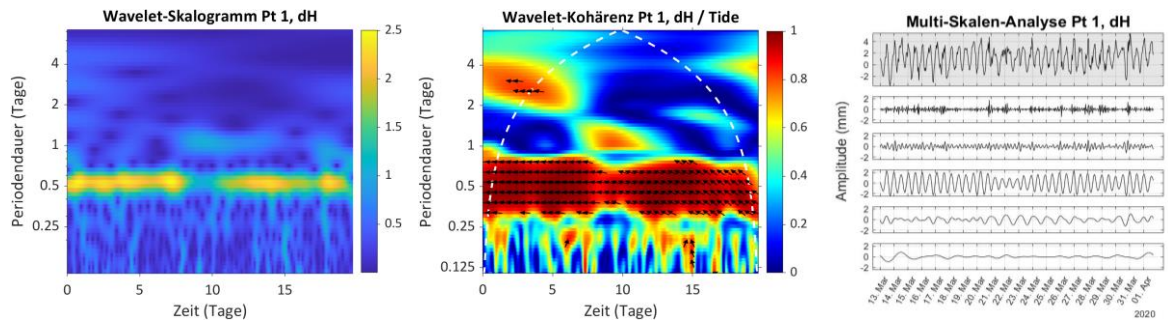


Abb. 3: Wavelet-Skalogramm Abb. 4: Wavelet-Kohärenz dh/Tide Abb. 5: Multi-Skalen-Analyse

Insbesondere die Überwachungspunkte auf einer Brücke über die Elbe zeigen periodische Höhenveränderungen (Abb. 3) im Millimeterbereich, die mit der Frequenz des Tidenhubs korrelieren – allerdings mit einer Phasenverschiebung von 180° (Abb. 4). Mithilfe der Multi-Skalen-Analyse wurden die Messsignale in ihre Skalenanteile zerlegt (Abb. 5). Anschliessend konnten die Zeitreihen der geodätischen Überwachungsmessungen ohne die bekannten Haupteinflüssen von Tidenhub (halbtägige Komponente) und Temperatur (tägliche Komponente), sowie ohne hochfrequente Signalanteile rekonstruiert werden (Abb. 6).

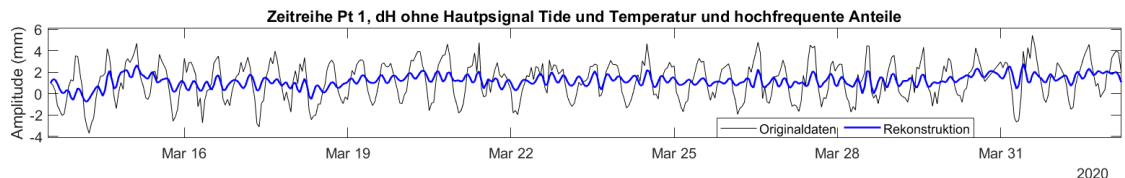


Abb. 6: Rekonstruktion Signal ohne ausgewählte Signalkomponenten

3. Fazit und Ausblick

Durch die Mehrfachauflösung der Wavelet-Transformation konnte das von verschiedenen Faktoren beeinflusste natürliche Bauwerksverhalten detailliert analysiert werden. Interessant wäre die Anwendung von Zeit-Frequenz-Methoden auch, wenn mit dem Hochhausbau begonnen wird: Allenfalls auftretende rasche Änderungen, transientes Verhalten und ein irregulärer Verlauf der Messdaten lassen sich damit aufdecken.

4. Kontakt

Autorin:	Eva-Maria Schönauer	e.schoenauer@gmx.net
Examinator:	Prof. Dr. Denis Jordan	denis.jordan@fhnw.ch
Experte:	Prof. Dr. Dante Salvini	dante.salvini@fhnw.ch