

Dynamisches Messen von Gleisparametern



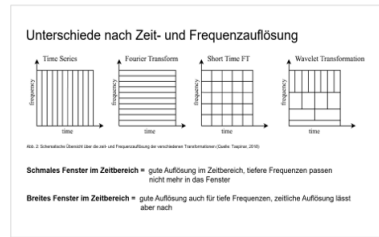
Abb. 1: Tachymetrisches Geomonitoring (Quelle: I + Geo AG, 2023)

Dynamische Effekte in Geomonitoringdaten

Geomonitoringsysteme werden immer von ihrer Umwelt beeinflusst und sind selten wirklich statisch. Während die Einflüsse auf die Messungen selbst relativ gut modelliert und direkt an den Messungen korrigiert werden können, so sind die Einflüsse auf das zu überwachende Objekt meistens nicht vorgängig bekannt. Nachfolgend sind einige Ursachen aufgeführt, welche dynamische Effekte auf das zu überwachende Objekt hervorrufen können:

- Periodizität (z. B. saisonal bedingt, Tag-Nacht Kontraste)
- Erschütterungen
- Geländebewegungen

Solche Effekte müssen je nach Anwendungsfall im Zusammenhang mit ihrer zeitlichen Abfolge analysiert werden, damit allfällige Grenzwertüberschreitungen zuverlässig identifiziert werden können.

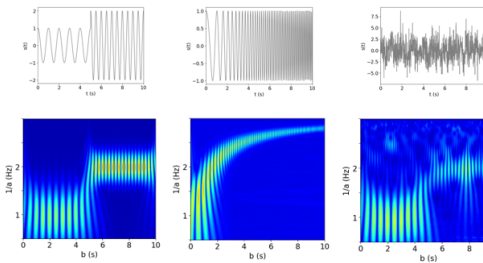


Analyse mithilfe von Zeit-Frequenz-Methoden

Mit Hilfe von Zeitsignalen, welche Messwerte in zeitlicher Abfolge beinhalten, lassen sich prinzipiell dynamische Effekte darstellen und analysieren. Diese sind jedoch bei einer einfachen Betrachtung der Rohdaten nur schwer zu identifizieren. Durch eine Transformation des Signales in den Zeit-Frequenzraum können die einzelnen Faktoren aber oft deutlich einfacher identifiziert und auch quantifiziert werden. Dabei bieten sich besonders folgende Methoden an:

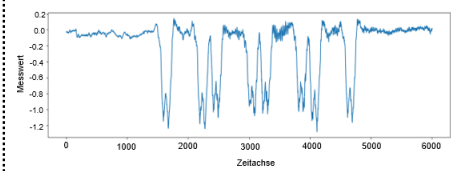
- Short-Time-Fourier-Transformation (STFT)
- Wavelet Transformation (WT)
 - kontinuierliche WT (CWT)
 - diskrete WT (DWT)

Kontinuierliche Wavelet Transformation (CWT)



Bei der kontinuierlichen Wavelet Transformation (CWT) wird das gewählte Grundwavelet mit verschiedensten Translation- und Skalierungsparametern am Signal angepasst. Als Output erhält man die komplexen Wavelet-Amplituden, welche in der Abb. 3 für die entsprechenden Zeitsignale dargestellt sind.

© Oktober 2023 Autor: Stefan Pretali, Betreuer: Dr. Prof. Denis Jordan, Experte: Externer Industriepartner © IGEO FHNW



Transformiertes Monitoring Signal (CWT)

In Abb. 5 ist ein Geomonitoringsignal ersichtlich, welches mit einer CWT in den Zeit-Frequenz-Raum transformiert wurde. Die im Signal relevanten Frequenzen können dabei in diesem Fall einfacher identifiziert werden, als in den Rohwerten oder gar mit einer Diskreten Fourier Transformation.

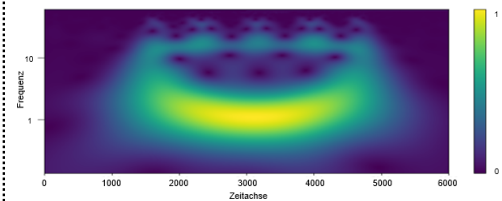


Abb. 5: Wavelet Amplitudenspektrum und Rohsignal eines Geomonitoring-Signales

© Oktober 2023 Autor: Stefan Pretali, Betreuer: Dr. Prof. Denis Jordan, Experte: Externer Industriepartner © IGEO FHNW

© Oktober 2023 Autor: Stefan Pretali, Betreuer: Dr. Prof. Denis Jordan, Experte: Externer Industriepartner © IGEO FHNW

Diskrete Wavelet-Transformation (DWT)

Bei einer diskreten Wavelet Transformation können die Translation- und Skalierungsparameter nur diskrete Werte annehmen. Daher sind auch nur noch eine begrenzte Anzahl Wavelets für die DWT geeignet.

Die DWT eignet sich sehr gut, um verschiedenste Einflüsse mit unterschiedlichste Frequenzen herauszufiltern. Dabei wird das Grundsignal in eine vorgängig definierte Anzahl Levels zerlegt.

In Abb. 6 ist ein gemessenes Signal ersichtlich und ein Referenzwert, der einen Sollsignal entspricht. Dabei ist gut zu erkennen, dass die Amplitudenwerte der Signale noch nicht überein stimmen. Werden die Messwerte aber mit einer DWT Prozessiert korreliert das 1. Level mit den Referenzwerten schon deutlich besser (Abb. 7).

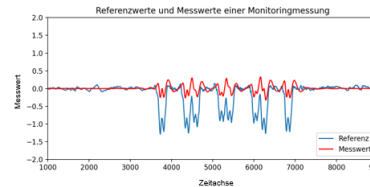


Abb. 6: Messsignal mit Referenzsignal

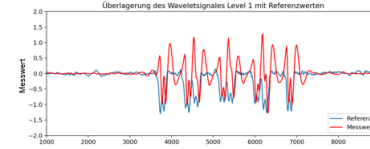


Abb. 7: Wavelettransformiertes Messsignal Level 1 mit Referenzsignal

© Oktober 2023 Autor: Stefan Pretali, Betreuer: Dr. Prof. Denis Jordan, Experte: Externer Industriepartner © IGEO FHNW

© Oktober 2023 Autor: Stefan Pretali, Betreuer: Dr. Prof. Denis Jordan, Experte: Externer Industriepartner © IGEO FHNW

Literatur

- Salvini, Dante und Jordan, Denis (2023). Waveletanalyse für das Geomonitoring. Muttenez: FHNW Muttenez
- Taspinar, A. (21. Dez. 2018). A guide for using the Wavelet Transform in Machine Learning. URL: <https://ataspinar.com/2018/12/21/a-guide-for-using-the-wavelet-transform-in-machine-learning/> (besucht am 08. 05. 2023)
- Schill, Florian Johannes (2018). Überwachung von Tragwerken mit Profilsclannern.
- I + Geo AG (2023). Geomonitoring / Bauwerksüberwachung - permanente Überwachung für Ihre Sicherheit, Freigegeben von Patrick Marthaler (I+geo AG) am 6.6.2023

© Oktober 2023 Autor: Stefan Pretali, Betreuer: Dr. Prof. Denis Jordan, Experte: Externer Industriepartner © IGEO FHNW



Abb. 1: Tachymetrisches Geomonitoring (Quelle: I + Geo AG, 2023)

Dynamische Effekte in Geomonitoringdaten

Geomonitoringsysteme werden immer von ihrer Umwelt beeinflusst und sind selten wirklich statisch. Während die Einflüsse auf die Messungen selbst relativ gut modelliert und direkt an den Messungen korrigiert werden können, so sind die Einflüsse auf das zu überwachende Objekt meistens nicht vorgängig bekannt. Nachfolgend sind einige Ursachen aufgeführt, welche dynamische Effekte auf das zu überwachende Objekt hervorrufen können:

- Periodizität (z.B. saisonal bedingt, Tag-Nacht Kontraste)
- Erschütterungen
- Geländebewegungen

Solche Effekte müssen je nach Anwendungsfall im Zusammenhang mit ihrer zeitlichen Abfolge analysiert werden, damit allfällige Grenzwertüberschreitungen zuverlässig identifiziert werden können.

Analyse mithilfe von Zeit-Frequenz-Methoden

Unterschiede nach Zeit- und Frequenzauflösung

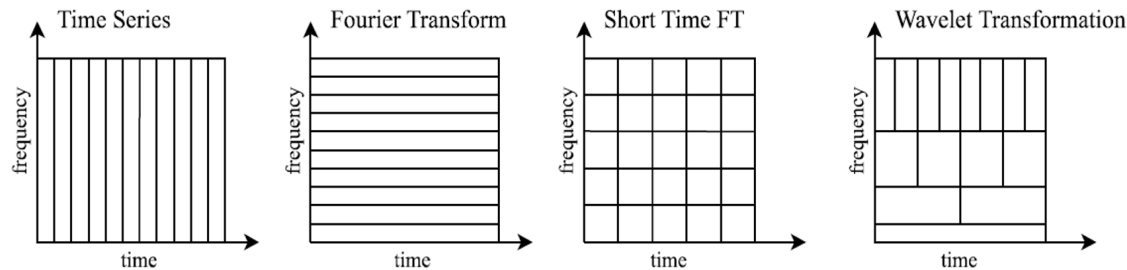


Abb. 2: Schematische Übersicht über die zeit- und Frequenzauflösung der verschiedenen Transformationen (Quelle: Taspinar, 2018)

Schmales Fenster im Zeitbereich = gute Auflösung im Zeitbereich, tiefere Frequenzen passen nicht mehr in das Fenster

Breites Fenster im Zeitbereich = gute Auflösung auch für tiefe Frequenzen, zeitliche Auflösung lässt aber nach

Mit Hilfe von Zeitsignalen, welche Messwerte in zeitlicher Abfolge beinhalten, lassen sich prinzipiell dynamische Effekte darstellen und analysieren. Diese sind jedoch bei einer einfachen Betrachtung der Rohdaten nur schwer zu identifizieren. Durch eine Transformation des Signales in den Zeit-Frequenzraum können die einzelnen Faktoren aber oft deutlich einfacher identifiziert und auch quantifiziert werden. Dabei bieten sich besonders folgende Methoden an:

- Short-Time-Fourier-Transformation (STFT)
- Wavelet Transformation (WT)
 - kontinuierliche WT (CWT)
 - diskrete WT (DWT)

Unterschiede nach Zeit- und Frequenzauflösung

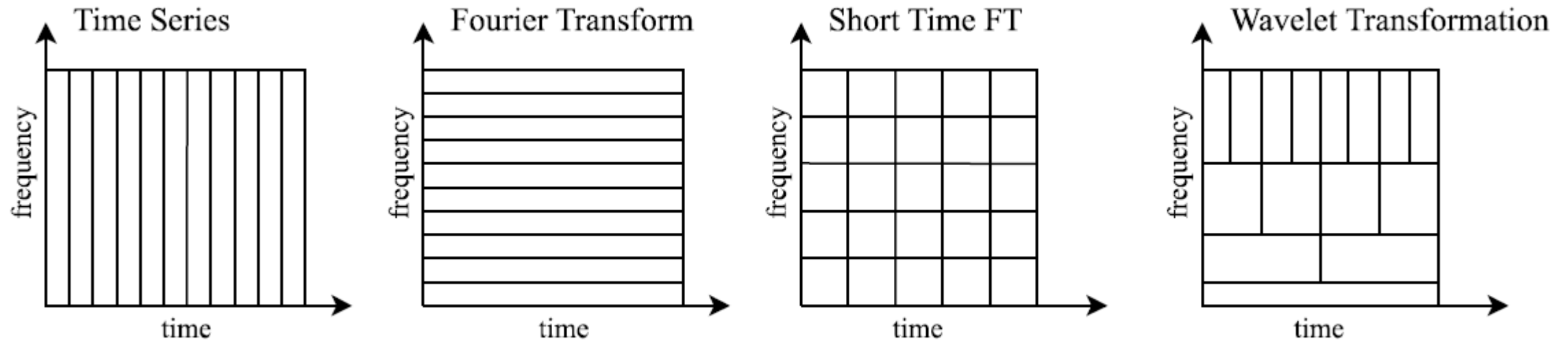


Abb. 2: Schematische Übersicht über die zeit- und Frequenzauflösung der verschiedenen Transformationen (Quelle: Taspinar, 2018)

Schmales Fenster im Zeitbereich = gute Auflösung im Zeitbereich, tiefere Frequenzen passen nicht mehr in das Fenster

Breites Fenster im Zeitbereich = gute Auflösung auch für tiefe Frequenzen, zeitliche Auflösung lässt aber nach

Kontinuierliche Wavelet Transformation (CWT)

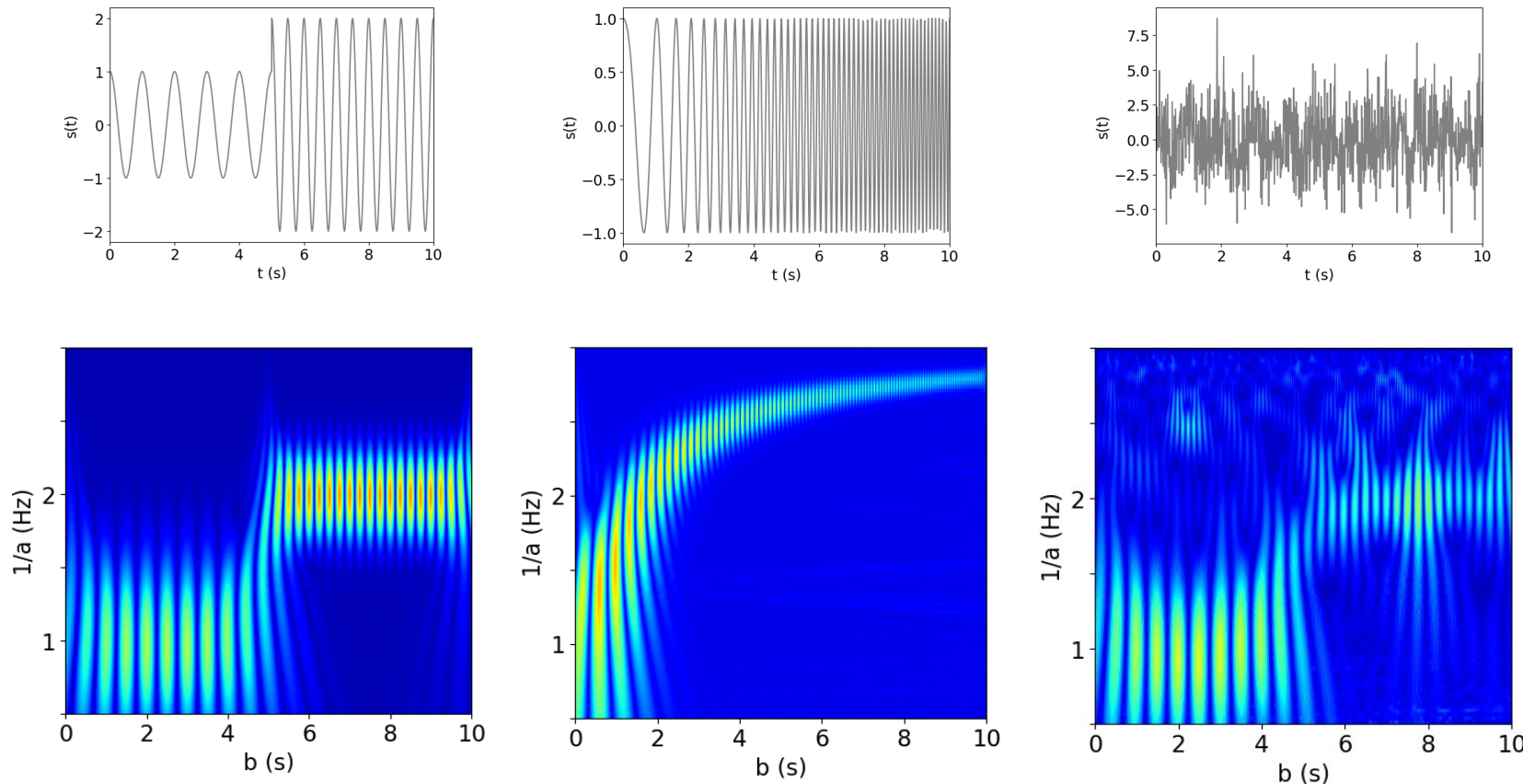


Abb. 3: Transformation verschiedener Signale in den Zeit-Frequenzbereich mithilfe der CWT (Quelle: Salvini und Jordan, 2023)

Bei der kontinuierlichen Wavelet Transformation (CWT) wird das gewählte Grundwavelet mit verschiedensten Translation- und Skalierungsparametern am Signal angepasst. Als Output erhält man die komplexen Wavelet-Amplituden, welche in der Abb. 3 für die entsprechenden Zeitsignale dargestellt sind.

Kontinuierliche Wavelet Transformation (CWT)

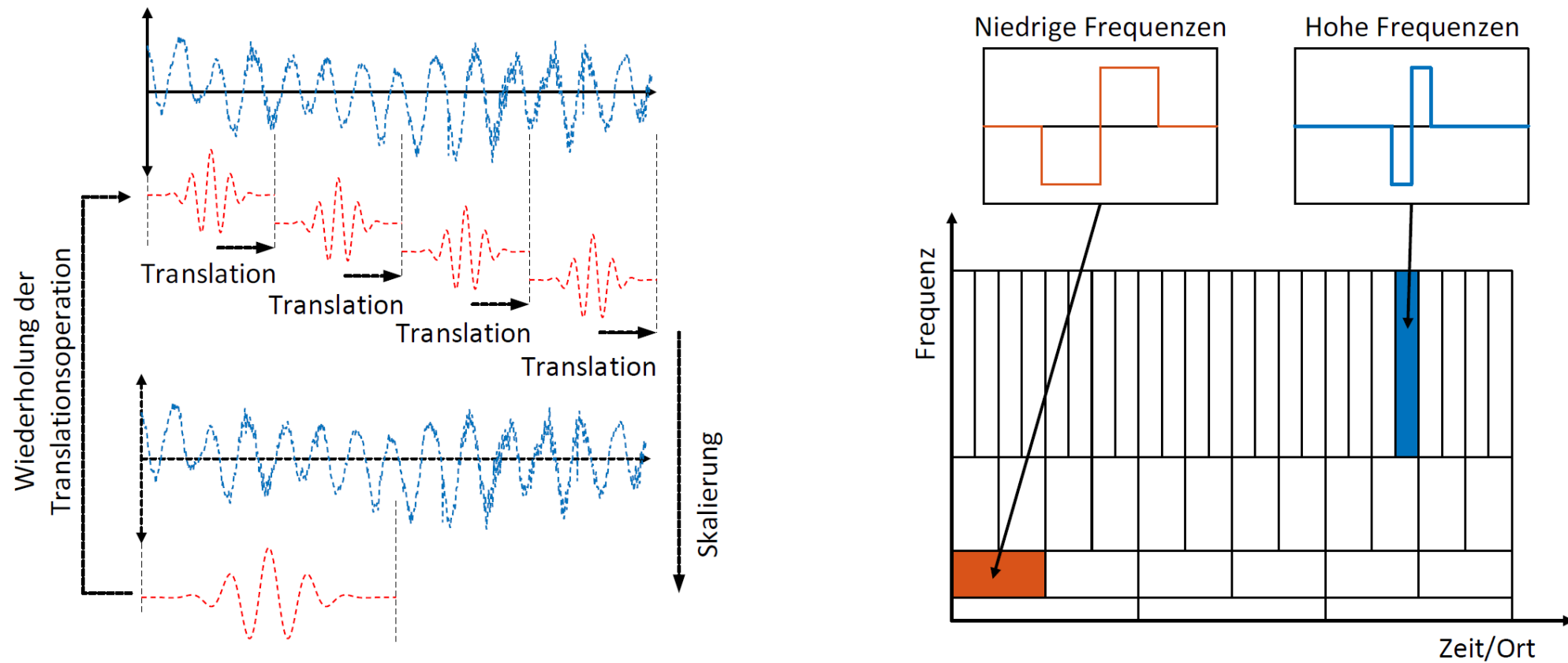
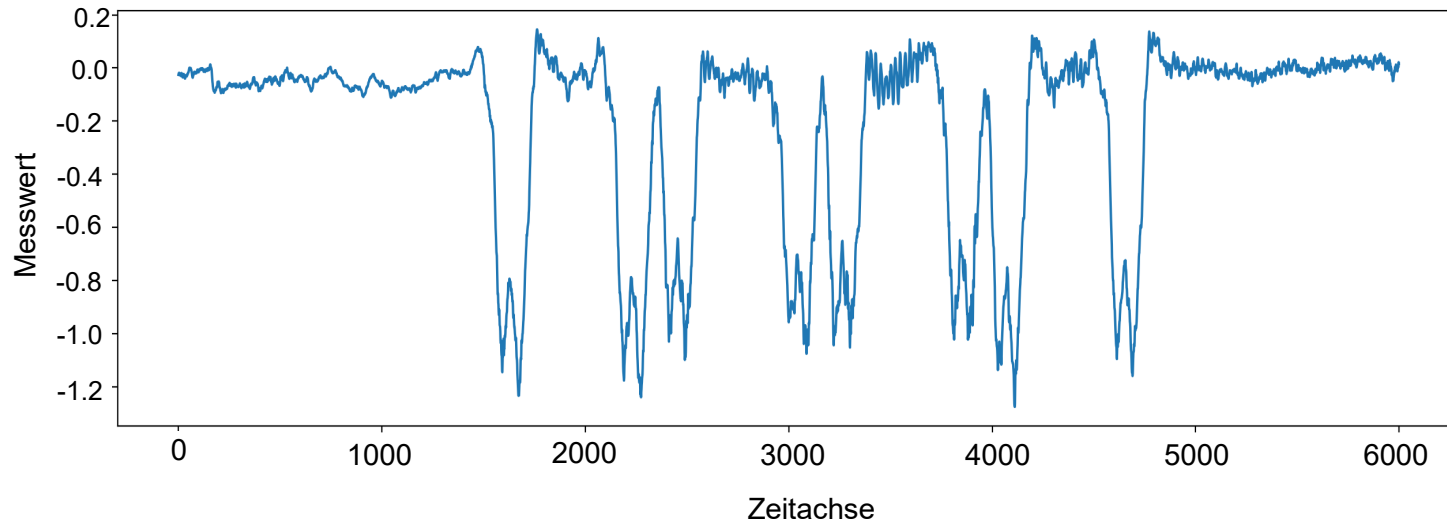


Abb. 4: Translation und Skalierung der Wavelet-Funktion bei verschiedene Fensterbreiten, (Schill, 2018)



Transformiertes Monitoring Signal (CWT)

In Abb. 5 ist ein Geomonitoringsignal ersichtlich, welches mit einer CWT in den Zeit-Frequenz-Raum transformiert wurde. Die im Signal relevanten Frequenzen können dabei in diesem fall einfacher identifiziert werden, als in den Rohwerten oder gar mit einer Diskreten Fourier Transformation.

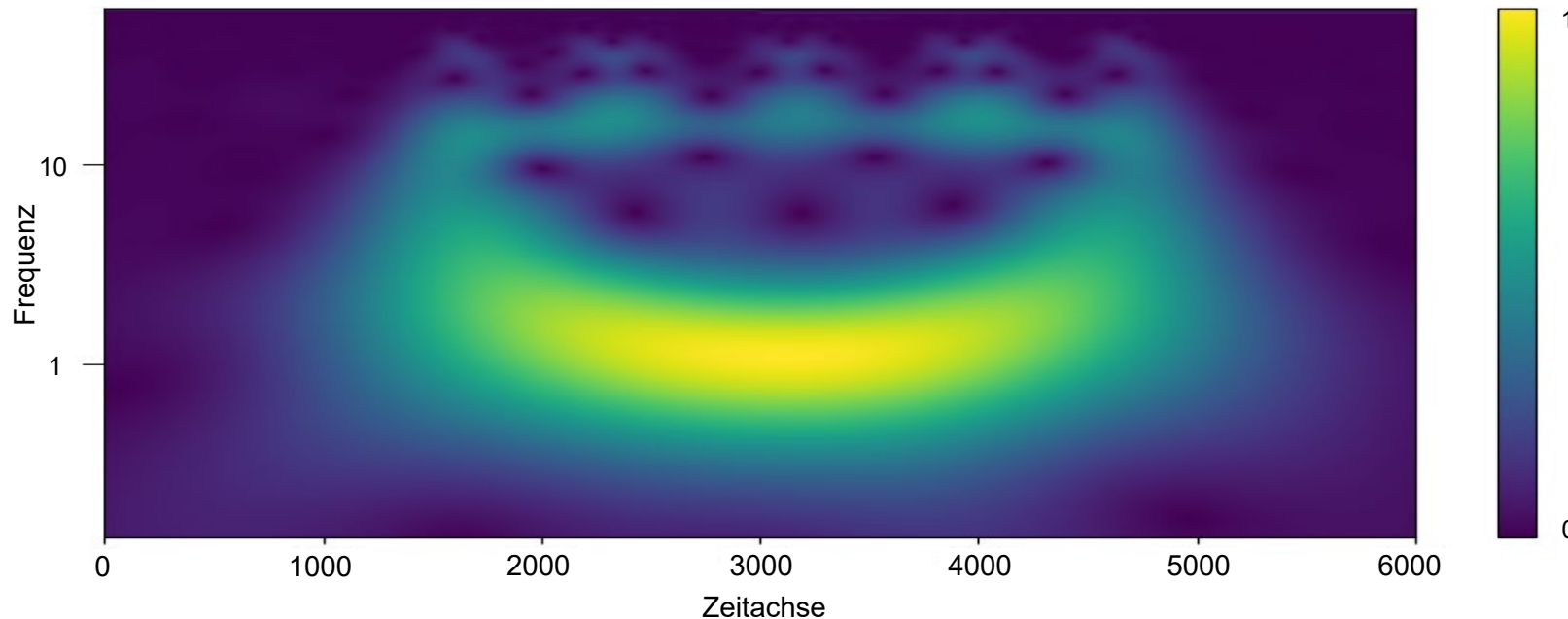


Abb. 5: Wavelet Amplitudenspektrum und Rohsignal eines Geomonitoring-Signales

Diskrete Wavelet-Transformation (DWT)

Bei einer diskreten Wavelet Transformation können die Translation- und Skalierungsparameter nur diskrete Werte annehmen. Daher sind auch nur noch eine begrenzte Anzahl an Wavelets für die DWT geeignet.

Die DWT eignet sich sehr gut, um verschiedenste Einflüsse mit unterschiedlichsten Frequenzen herauszufiltern. Dabei wird das Grundsignal in eine vorgängig definierte Anzahl Levels zerlegt.

In Abb. 6 ist ein gemessenes Signal ersichtlich und ein Referenzwert, der einen Sollsignal entspricht. Dabei ist gut zu erkennen, dass die Amplitudenwerte der Signale noch nicht übereinstimmen. Werden die Messwerte aber mit einer DWT Prozessiert korreliert das 1. Level mit den Referenzwerten schon deutlich besser (Abb. 7).

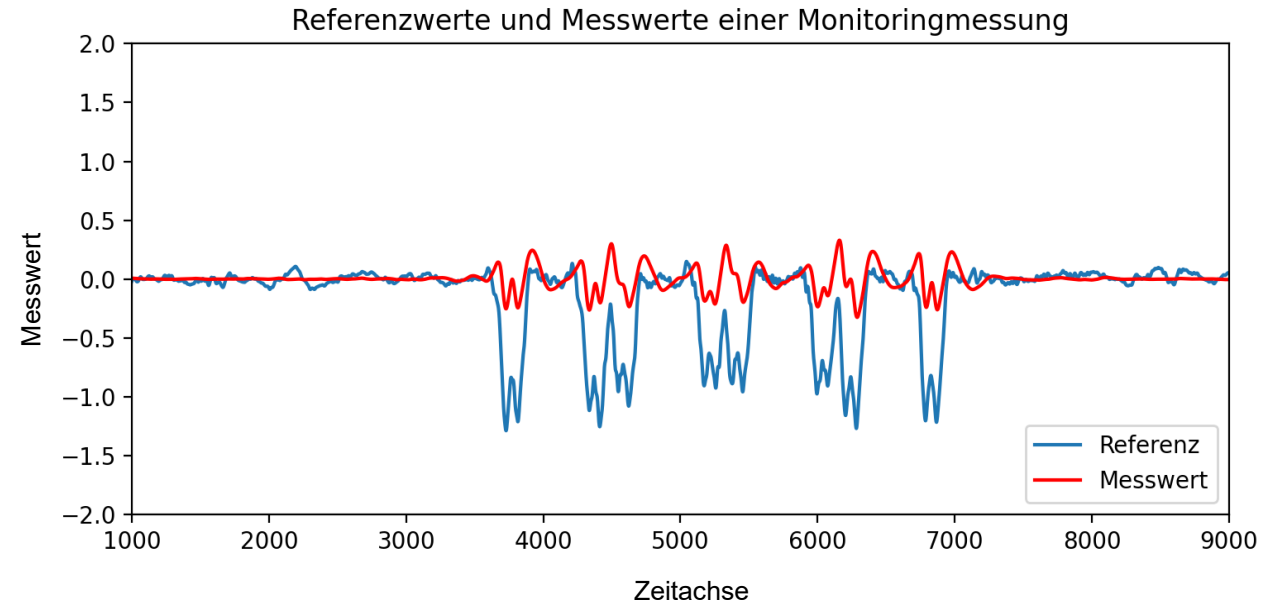


Abb. 6: Messsignal mit Referenzsignal

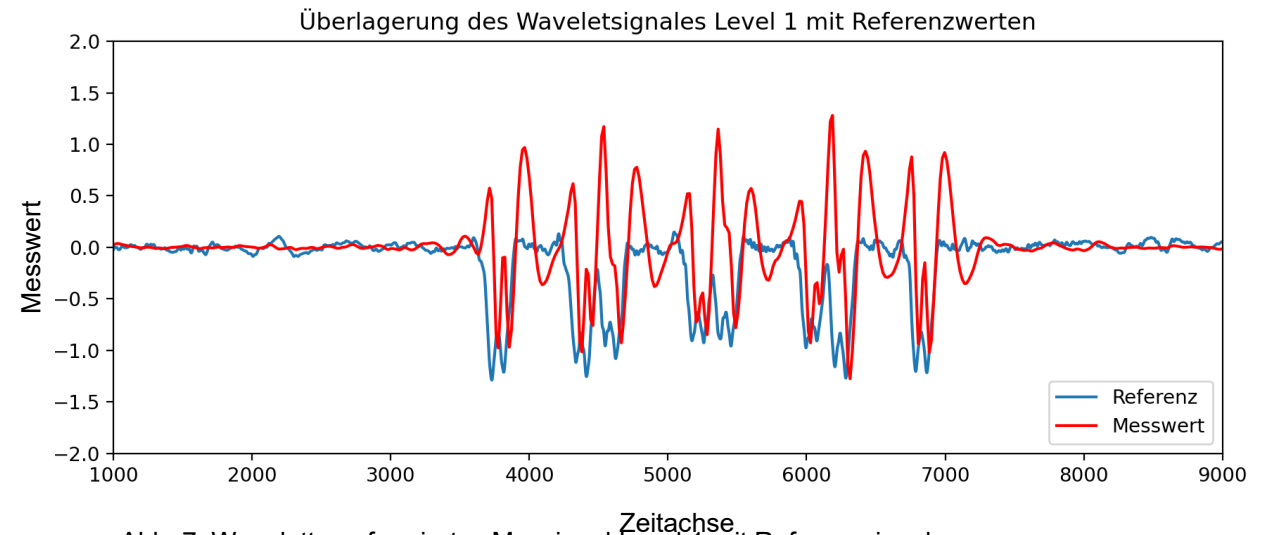


Abb. 7: Wavelettransformiertes Messsignal Level 1 mit Referenzsignal

Diskrete Wavelet Transformation (DWT)

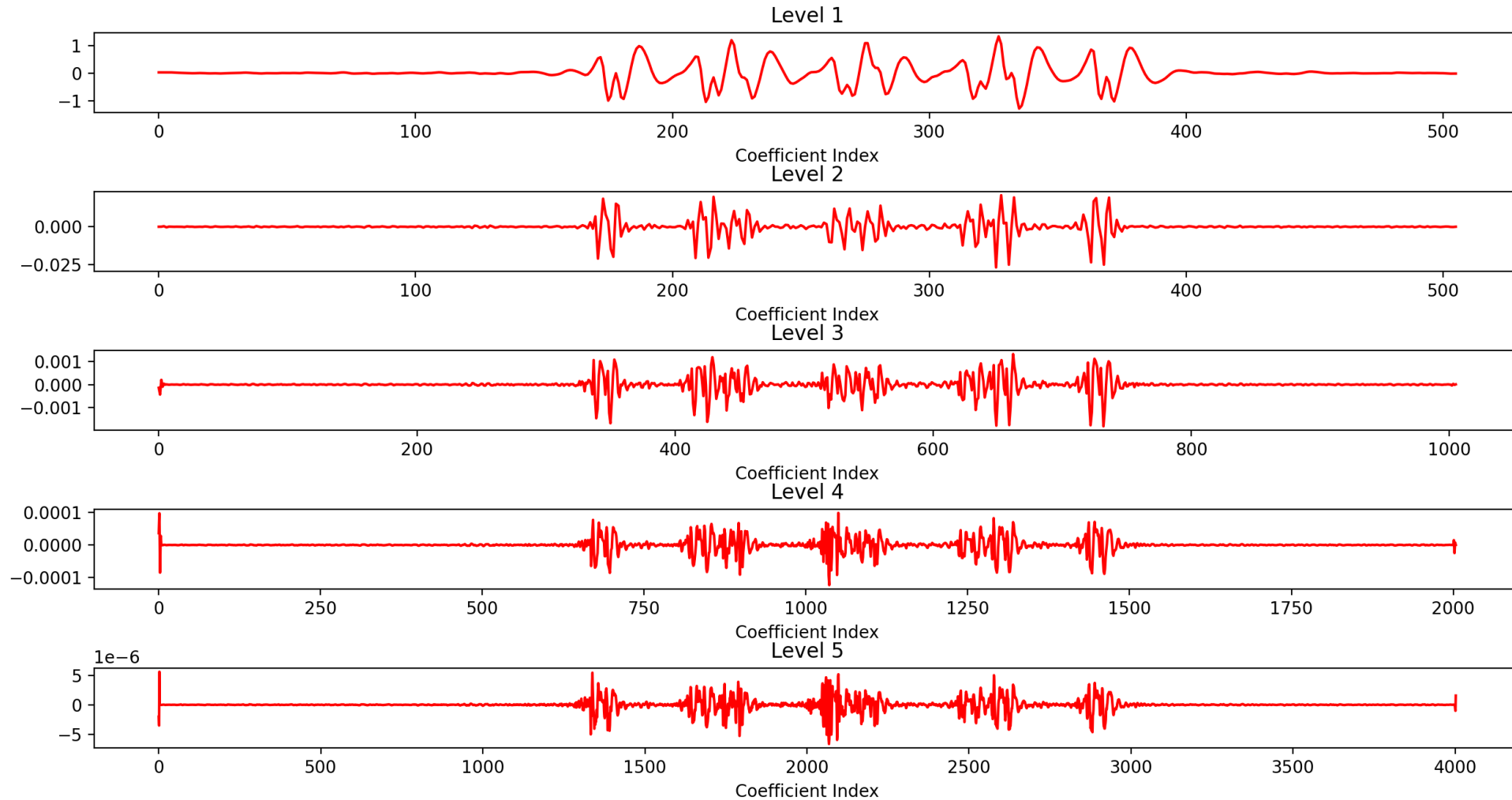


Abb. 8: Messingal in 4 Waveletlevels zerlegt

Literatur

- Salvini, Dante und Jordan, Denis (2023). Waveletanalyse für das Geomonitoring. Muttenz: FHNW Muttenz
- Taspinar, A. (21. Dez. 2018). A guide for using the Wavlet Transform in Machine Learning. URL: <https://ataspinar.com/2018/12/21/a-guide-for-using-the-wavelet-transform-in-machine-learning/> (besucht am 08. 05. 2023)
- Schill, Florian Johannes (2018). Überwachung von Tragwerken mit Profilsclannern.
- I + Geo AG (2023), Geomonitoring / Bauwerksüberwachung - permanente Überwachung für Ihre Sicherheit, Freigegeben von Patrick Marthaler (i+geo AG) am 6.6.2023