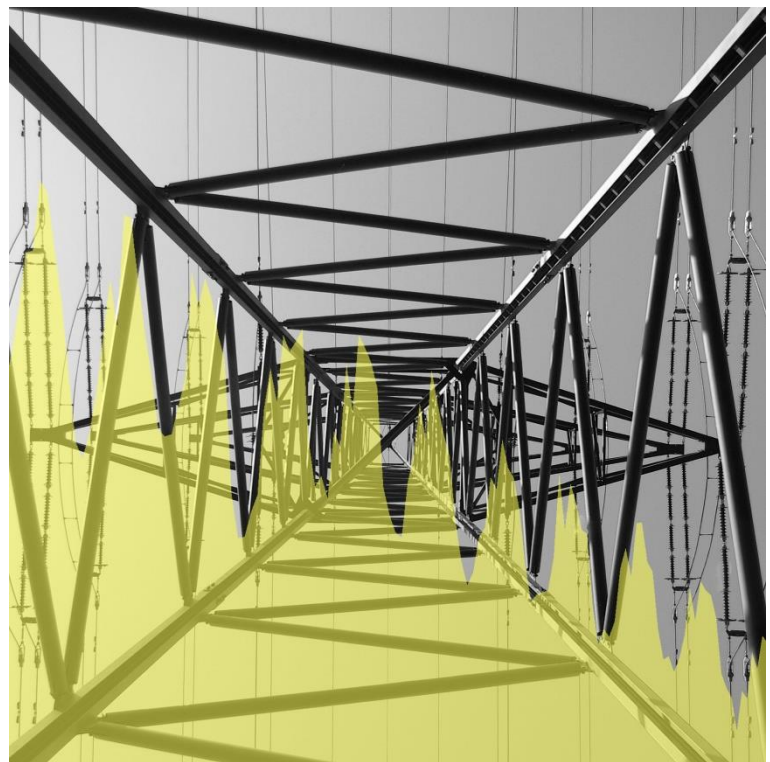


# Bachelor-Thesis 2016

# Zeitreihenanalyse von Monitoringdaten



**Autor:** Samuel Hirsbrunner

**Examinator:** Prof. Dr. Beat Fischer

**Experte:** Prof. Dr. Marcel Steiner

# Zeitreihenanalyse von Monitoringdaten

**Eine Zeitreihe ist eine zeitlich geordnete Folge von Beobachtungen einer Grösse. Häufig kommen Zeitreihen bei Überwachungsmessungen (Monitoring) vor. Deren Analyse beinhaltet die Bereinigung von Ausreissern und variabler Streuung, die Zerlegung in Trend und periodische Anteile, die Analyse des Rauschens und die Prognose.**

**Schlagworte:** Zeitreihenanalyse, Matlab, IVGI, FHNW, Monitoringdaten, Geodaten, Heteroskedastizität, Varianzstabilisierung, Box-Cox-Transformation, Davison-Hinkley-Transformation, ARMA-Prozesse, Prozessidentifikation

## 1. Einleitung

Um die typischen Eigenheiten und Probleme der Auswertung von Monitoringmessungen am IVGI/HABG/FHNW kennen zu lernen, wurde 2009 mit der Implementation eines in MATLAB® geschriebenen Auswerteprogramms «Zeitreihenanalyse» begonnen. Mit der Bachelorarbeit 2016/05 wurde die Programmversion 5.0 um die Möglichkeit zur Prüfung und Stabilisierung von Zeitreihen mit variabler Streuung erweitert sowie die Grobschätzung zur Prozessidentifikation von ARMA[p,q]-Prozessen des Rauschens implementiert.

## 2. Zeitreihenanalyse-Programm IVGI Version 5.0

Mit der Varianzstabilisierung können Zeitreihen mit variabler Streuung in den Residuen mit einer Box-Cox-Transformation oder Davison-Hinkley-Transformation stabilisiert werden. Dadurch lassen sich Trend und Perioden verlässlicher schätzen und eine Prognose zutreffender berechnen. Die Prozessidentifikation wurde von AR[p]-Prozessen auf ein Modell für ARMA[p,q]-Prozesse erweitert. In einer künftigen Version kann dann die Prognose für ARMA[p,q]-Prozesse implementiert werden.

Aufgrund von Anpassungen des Softwarepaketes MATLAB® von MathWorks® ab der Version «R2014b» konnte das Zeitreihenanalyse-Programm IVGI nicht mehr genutzt werden. In der Version 5.0 wurden der Programmcode komplett überarbeitet (jedoch nicht neu programmiert) und erreicht, dass das Programm für die MATLAB® Version «R2015a» und neuer läuft. Zusätzlich wurden diverse Mängel im Programmcode und Optimierungen an der Benutzeroberfläche vorgenommen. Auf eine visuelle Angleichung der Programmoberfläche des univariaten an den bivariaten Prozess wurde verzichtet.

## 3. Varianzstabilisierung

Zeitreihenanalysen setzen eine zeitunabhängige Normalverteilung der Residuen voraus. Trifft dies nicht zu, ist die Streuung der Residuen variabel. Bei monoton ab- oder zunehmender Streuung (Fig. B/C) wird die Varianz der Zeitreihe mit einer Box/Cox-Transformation stabilisiert, in allen übrigen Fällen (Fig. D-F) nach Davison/Hinkley.

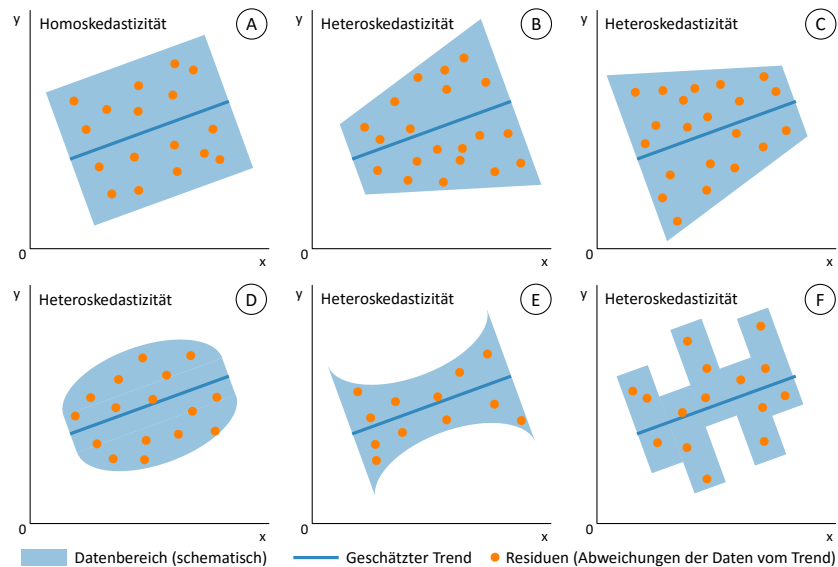


Abb. 1: Heteroskedastizität der Varianzen.

#### 4. ARMA-Prozessidentifikation

ARMA = Autoregressive Moving Average

Nach Wold besteht das Rauschen eines umkehrbaren und stationären Prozesses aus einer Linearkombination der  $p$  Vorgängerwerte und eines Zufallsschocks (AR-Prozess) sowie einer Linearkombination des aktuellen und der  $q$  letzten Zufallsschocks (MA-Prozess).

$$ARMA[p, q]: \hat{X}_t = a_1 \hat{X}_{t-1} + \dots + a_p \hat{X}_{t-p} + \hat{e}_t + b_1 \hat{e}_{t-1} + \dots + b_q \hat{e}_{t-q}$$

Prädiktion = früherer Zustand + Zufallsschock + frühere Schocks

Programmablauf:

1. Definiere die ARMA[p,q]-Prozesslängen mit  $[p, q] = 1, \dots, 10$
2. Aus langem AR[k]-Prozess ( $k \approx \sqrt{N}$ )  $\hat{e}_{t-k}$  schätzen
3. Mit kleinster Quadrate Methode die AR- und MA-Koeffizienten schätzen
4. Kriterien BIC, HQC, AIC und FPE zur Prozessidentifikation darstellen

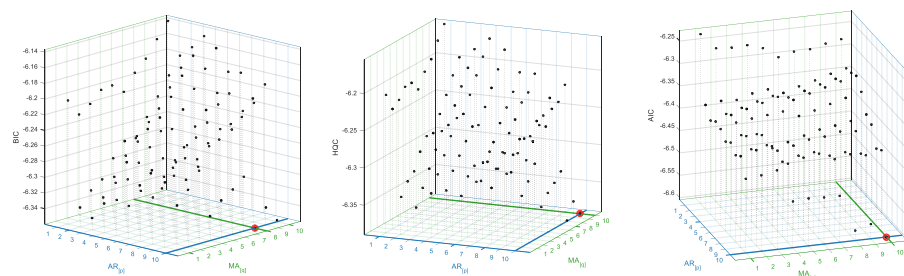


Abb. 2: Kriterien zur ARMA<sub>[p,q]</sub>-Prozessidentifikation BIC, HQC & AIC.

Autor:	Samuel Hirsbrunner	samuel.hirsbrunner@outlook.com
Examinator:	Prof. Dr. Beat Fischer	beat.fischer@fhnw.ch
Experte:	Prof. Dr. Marcel Steiner	marcel.steiner@fhnw.ch