

# Erkennung von Änderungen in sehr großen technischen Zeitreihen

Prof. Dr. Christine Müller, M.Sc. Melanie Dagge

Am Lehrstuhl Müller stehen im Rahmen des Sonderforschungsbereiches SFB 823 “Statistical modelling of nonlinear dynamic processes” zwei Arten von sehr großen Zeitreihen zur Verfügung:

**1. Zeitreihen aus einem Brückenmonitoring:** Hier werden seit Mai 2016 alle 2 Sekunden an einer Brücke in Bochum die Rissweiten an 16 Stellen sowie die Temperatur erfasst. Hier stellt sich die Frage, ob es über die Zeit eine Änderung der Rissweiten gibt und ob Änderungen einen kritischen Zustand der Brücke andeuten. Hierbei muss insbesondere berücksichtigt werden, dass die Temperatur einen großen Einfluss auf die Rissweite hat. Außerdem produziert jedes überquerende Fahrzeug einen Ausschlag in der Rissweite, was zur Erfassung der Verkehrsbelastung genutzt werden kann.

**2. Kraftzeitreihen beim Bohren in Beton:** Hier werden die Kräfte in drei Dimensionen erfasst, die auf den Bohrer wirken, wenn er in Beton und Stahlbeton bohrt. Da selbst der Beton nicht homogen ist, ergeben sich Änderungen der Kräfte beim Übergang von verschiedenen Materialkomponenten. Besonders extrem ist die Änderung beim Übergang von Beton zu Stahl beim Stahlbeton. Außerdem besteht die Bohrkronen aus Diamanten, die beim Bohrprozess herausbrechen oder brechen können, was sich auch auf die Kräfte auswirkt. Von Interesse ist, die durch Verschleiß bedingten Änderungen von den Änderungen zu unterscheiden, die durch die Materialinhomogenität gegeben sind. Dazu müssen erstmal die Änderungen, die durch die Materialinhomogenität gegeben sind, erkannt werden, weshalb zuerst Versuche durchgeführt werden, wo kein Werkzeugverschleiß auftritt.

Zu untersuchen sind in diesen Zeitreihen speziell die folgenden Änderungen:

- 1) **Änderung der Lage:** Hier sollten klassische Verfahren für eindimensionale Zeitreihen sowie neuere Verfahren wie die von Killick et al. (2012) (mit R-Paket von Killick und Eckley, 2014) und von Zhang et al. (2010) (siehe auch Schindler, 2013) eingesetzt und verglichen werden.
- 2) **Änderung der Streuung:** Hier sollten klassische Verfahren sowie neuere Verfahren wie in Qi et al. (2015) und Huh (2016) eingesetzt und verglichen werden.
- 3) **Änderung der Autokorrelation:** Hier sollten Methoden aus Pang und Zhang (2015) und Wu (2016) und Methoden basierend auf der Simplex-Tiefe aus Falkenau (2016), Kustosz et al. (2016a) und Kustosz et al. (2016b) eingesetzt und verglichen werden, wobei zur Berechnung der Simplex-Tiefe das R-Paket von Kustosz und Szugat (2016) existiert.
- 4) **Änderung der Korrelation zwischen den verschiedenen Zeitreihen:** Hier sollten Methoden aus dem R-Paket 'npcp' von Kojadinovic et al. (2016) und eine Methode basierend auf der “Spatial sign covariance matrix” von Dürre et al. (2014), Dürre et al. (2015) und Vogel und Fried (2015) eingesetzt und verglichen werden, wobei eine R-Funktion von Daniel

Vogel für die Methode basierend auf der “Spatial sign covariance matrix” verwendet werden kann. Eventuell können noch Methoden aus Wied et al. (2012) und Wied et al. (2014) hinzugenommen werden.

Was genau untersucht werden soll, hängt davon ab, ob es sich um eine Bachelor- oder Masterarbeit handelt, und wo die Interessen liegen. Untersuchungen zur Änderung der Lage und Streuung bieten sich vor allem für Bachelorarbeiten an.

## References

- Dürre, A., Vogel, D., Tyler, D.E. (2014). The spatial sign covariance matrix with unknown location. *J. Multivar. Anal.* 130, 107-117.
- Dürre, D., Vogel, D., Fried, R. (2015). Spatial sign correlation. *J. Multivar. Anal.* 135, 89-105.
- Falkenau, Ch.P. (2016). Depth based estimators and tests for autoregressive processes with application on crack growth and oil prices. *Dissertation*, TU Dortmund.
- Huh, J. (2016). Estimation of a change point in the variance function based on the  $\chi^2$ -distribution. *Communications in Statistics. Theory and Methods* 45(17), 4937-4968.
- Killick, R., Eckley, I.A. (2014). changepoint: An R Package for Changepoint Analysis, R Package, Version 2.0.1.
- Killick, R., Fearnhead, P., Eckley, I.A. (2012). Optimal Detection of Changepoints with a Linear Computational Cost. *Journal of the American Statistical Association* 107(500), 1590-1598.
- Kustos, Ch.P., Leucht, A., Müller, Ch.H. (2016). Tests based on simplicial depth for AR(1) models with explosion. *Journal of Time Series Analysis*, DOI 10.1111/jtsa.12186.
- Kustos, Ch.P., Müller, Ch.H., Wendler, M. (2016). Simplified simplicial depth for regression and autoregressive growth processes. *Journal of Statistical Planning and Inference* 173, 125-146.
- Kustos, Ch.P., Szugat, S. (2016). Simplicial Depth for Explosive Autoregressive Processes. <https://github.com/ChrisKust/rexpar/tree/sz> (der Titel des Paketes ist ein alter, zu spezieller Titel, der demnächst noch geändert wird, weil als Eingabe nur die Residuen eines beliebigen Modells gebraucht werden).
- Kojadinovic, I., Quessy, J.F., Rohmer, T. (2016). Testing the constancy of Spearman’s rho in multivariate time series. *Ann. Inst. Math. Stat.* 68(5), 929-954.
- Pang, T., Zhang, D. (2015). Asymptotic inferences for an AR(1) model with a change point and possibly infinite variance. *Communications in Statistics. Theory and Methods* 44(22), 4848-4865.
- Qi, P., Tian, Z., Duan, X. (2015). Sequential monitoring variance changes in location model. *Communications in Statistics. Theory and Methods* 44(24), 5267-5284.
- Schindler, D. (2013). Vergleich multivariater Qualitätskontrollkarten, *Masterarbeit*, TU Dortmund.

- Vogel, D., Fried, R. (2016). Robust change detection in the dependence structure of multivariate time series. In: K. Nordhausen, S. Taskinen (eds.), *Modern Nonparametric, Robust and Multivariate Methods*, 265-288.
- Wied, D., Krämer, W., Dehling, H. (2012). Testing for a change in correlation at an unknown point in time using an extended delta method. *Econometric Theory* 28(3), 570-589.
- Wied, D., Dehling, H., van Kampen, M., Vogel, D. (2014). A fluctuation test for constant Spearman's rho with nuisance-free limit distribution. *Comput. Stat. Data Anal.* 76, 723-736.
- Wu, Y. (2016). Inference for post-change parameters after sequential CUSUM test under AR(1) model *Journal of Statistical Planning and Inference* 168, 52-67.
- Zhang, J., Z. Li, Wang, Z. (2010). A multivariate control chart for simultaneously monitoring process mean and variability. *Computational Statistics and Data Analysis* 54, 2244-2252.