

Projekt 1

Verkehrsschätzung mittels Rissweitenänderungen bei einer Brücke in Bochum

In diesem Projekt soll eine Methode entwickelt werden, um den Verkehr anhand von Rissweitenänderungen zu schätzen. Diese Rissweiten zeigen bei jeder Überfahrt eines Fahrzeuges einen starken Ausschlag nach oben, wie Abbildung 1 zeigt. Abbildung 1 zeigt aber auch, dass es Schwebungen gibt, d.h. Bereiche mit stark gehäuften Ausschlägen, die nicht auf einzelne Fahrzeuge zurückzuführen sind. Diese können auch nachts auftreten, wo wenige Fahrzeuge die Brücke überqueren. Sie werden eventuell durch Resonanzerscheinungen bei den Wegaufnehmern hervorgerufen. Ein erster Schritt wird daher sein, die Schwebungen zu eliminieren.

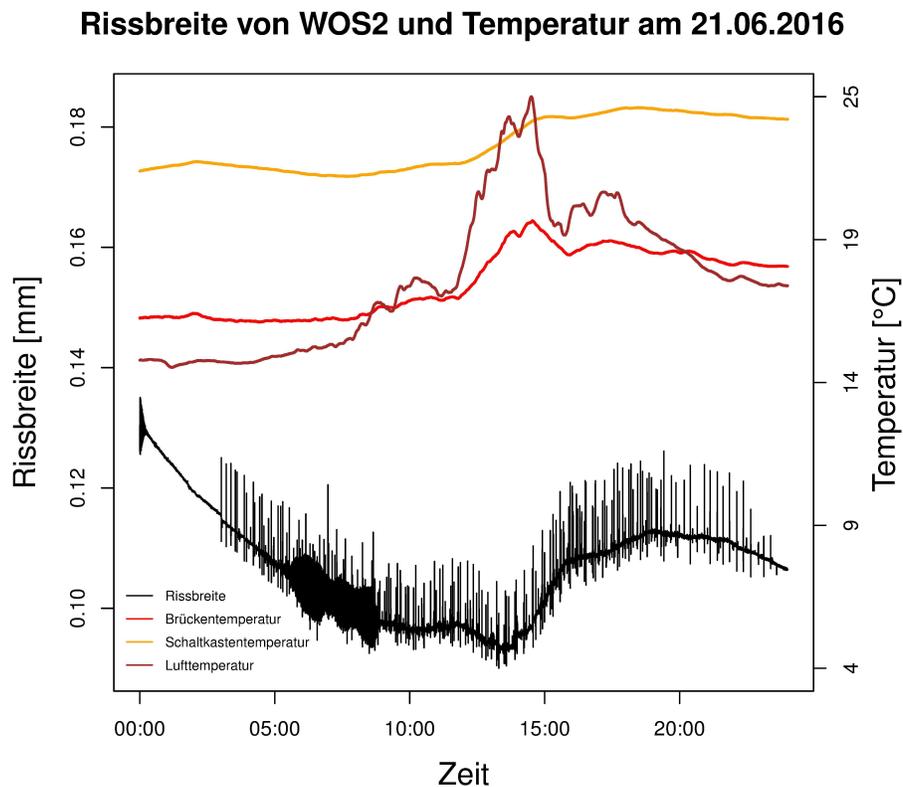


Abbildung 1: Darstellung der Rissbreite von WOS2 am 21.6.2016

Download der Daten

Die Daten für dieses Projekt werden über Moodle zur Verfügung gestellt. Gehen Sie dazu auf <https://moodle.tu-dortmund.de/>. Dort finden Sie den Kurs „Fallstudien II im SoSe 2017“. Hier liegen die Dateien `Daten_Sommer.zip`, `Daten_Herbst.zip` und `Daten_Winter.zip`, die zusammen etwa 168 MB groß sind. In jeder dieser zip-Dateien liegen die Daten von jeweils drei Monaten. Dabei gibt es für jeden Tag eine eigene Datei. Die Daten liegen im MDT-Format (Microsoft Access Add-in data) vor und sind nicht direkt in R einlesbar.

Versuchsbeschreibung

Die vorliegenden Daten stammen von der in Abbildung 2 abgebildeten Brücke der Wittener Straße, die von Osten nach Westen über die L 705 (Sheffield Ring) in Bochum führt.



Abbildung 2: Brücke der Wittener Straße über die L 705 (Sheffield Ring)

Diese Brücke mit zwei getrennten Überbauten für die beiden Fahrrichtungen wurde im Jahr 1961 errichtet und besitzt pro Überbau zwei Fahrspuren und eine Spur für die Straßenbahnlinie. Sie zeigt mittlerweile etliche Risse, weshalb die 2-spurige Verkehrsführung auf jedem Überbau auf eine Spur verringert und das zulässige Fahrzeugesamtgewicht auf 24 t begrenzt wurde. Im Mai 2016 wurden Wegaufnehmer an 14 Rissen und zwei Stellen ohne Riss angebracht, die seit Juni 2016 die Rissbreiten dieser Stellen alle zwei Sekunden erfassen. Dabei gibt es jeweils acht Wegaufnehmer in jeder Fahrtrichtung, d.h. im nördlichen und im südlichen Überbau, und vier davon sind mehr am Anfang und vier mehr am Ende des Überbaus angebracht, d.h. vier sind im Westen und vier im Osten der Brücke. Die Lage der Wegaufnehmer kann der Abbildung 3 im Anhang entnommen werden. Abbildung 4 im Anhang zeigt insbesondere die Ausgangsmessungen der Wegaufnehmer. Neben der Rissbreite wurde auch die Temperatur an drei Messpunkten erfasst. Die Lufttemperatur wurde auf der Oberseite und die Brückentemperatur auf der Unterseite

der Brücke gemessen. Weiterhin wurde noch ein Temperaturmesspunkt im Schaltschrank angeschlossen, der aber nur zur Temperaturüberwachung der Messtechnik dient.

Datenbeschreibung

In diesem Abschnitt werden die vorliegenden Daten näher erläutert.

Jede MDT-Datei enthält die Rissbreitenmessungen eines Tages. Die Rissbreiten werden dabei alle zwei Sekunden an 16 Messstellen gemessen. Hinzu kommen drei Temperaturmesswerte. Insgesamt befinden sich also 43 200 Beobachtungen von 19 Variablen in einer Datei. Dabei kommt es häufig vor, dass die Dateien tatsächlich weniger als 43 200 Beobachtungen enthalten. Dies liegt an der Synchronisierung der Messanlage. Die Spalten mit den Rissbreitenmessungen sind nach den Namen der jeweiligen Wegaufnehmer benannt. Diese beginnen alle mit dem Buchstaben „W“ für Wegaufnehmer. Es folgt ein „O“ oder ein „W“ für östliche oder westliche Brückenseite. Als drittes geben „N“ oder „S“ an, ob sich der Wegaufnehmer auf der nördlichen oder südlichen Überbauung befindet. Von jeder Kombination gibt es vier Wegaufnehmer, welche durchnummeriert sind. Dies ergibt zum Beispiel die Namen „WON1“ oder „WWS3“. Die Wegaufnehmer mit den Namensfragmenten N3 und N4 sowie S1 und S2 betreffen dabei die Spur der Straßenbahn, die im inneren Bereich der Brücke fährt.

Eine genauere Beschreibung der Daten und insbesondere des Datenformats ist in der Datei `HinweiseZumEinlesenVonMDTDateien.pdf` zu finden.

Aufgaben

Es sollen nur die Wegaufnehmer WOS4 und WWS4 betrachtet werden. Diese Wegaufnehmer erfassen den Verkehr auf der gleichen Fahrspur und sollten nur wenig durch die Straßenbahn beeinflusst sein. Zur Kontrolle der Methoden ist es aber sinnvoll auch WOS2, der die Straßenbahn betrifft und wo der Fahrplan bekannt ist, zu betrachten. Jede Gruppe bearbeitet je zwei Wochen im Sommer (Juni, Juli, August), im Herbst (September, Oktober, November) und im Winter (Dezember, Januar, Februar).

- 1) Schreiben Sie eine R-Funktion, die die MDT-Dateien einliest.
- 2) Finden Sie eine Reduzierung der Daten, die noch die wesentlichen Informationen enthält.
- 3) Eliminieren Sie die Schwebungen.
- 4) Schätzen Sie für die beiden Wegaufnehmer getrennt die Verkehrsbelastung von 4:00 bis 5:00, 8:00 bis 9:00, 12:00 bis 13:00, 16:00 bis 17:00 und 21:00 bis 22:00 an den

42 Tagen der sechs untersuchten Wochen. Beachten Sie, dass diese Werte für die beiden Wegaufnehmer sehr ähnlich sein sollten und dass auch die Abhängigkeit von der Jahreszeit nicht so groß sein sollte. Dagegen sollte es stark davon abhängen, ob ein Werktag oder ein Feiertag vorliegt.

- 5) Schätzen Sie die durchschnittliche Verkehrsbelastung pro Woche und pro Wochentag. Was ergibt die Hochrechnung auf das ganze Jahr? Wie groß ist die Genauigkeit der Schätzung?

Beachten Sie dabei, dass die Rissbreite von der Temperatur abhängt.

Literatur

- 1) Brockwell, P. J. und Davis, R. A. (2002). *Introduction to Time Series and Forecasting*. Springer, New York.
- 2) Hastie, T., Tibshirani, R. und Friedman, J. (2002). *The Elements of Statistical Learning. Data Mining, Inference and Prediction*. Springer, New York.
- 3) Heinrich, J. (2016). Ergebnisse aus dem Rissmonitoring. Bericht-Nr. 001 der König und Heunisch Planungsgesellschaft. (unveröffentlicht)
- 4) James, G., Witten, D., Hastie, T. und Tibshirani, R. (2013). *An Introduction to Statistical Learning*. Springer, New York.
- 5) Liu, R.Y., Parelius, J.M. und Singh, K. (1999). Multivariate analysis by data depth: descriptive statistics, graphics and inference, (with discussion and a rejoinder by Liu and Singh). *Annals of Statistics* **27**, 783-858.
- 6) Zhang, Z., Cui, X., Jeske, D.R. und Borneman, J. (2013). Biclustering scatter plots using data depth measures. *Statistical Analysis and Data Mining* **6**, 102-115.
- 7) <http://cran.r-project.org/web/packages/depth/depth.pdf> (5.10.2015)
- 8) <https://cran.r-project.org/web/packages/fda.usc/fda.usc.pdf> (5.10.2015)
- 9) <https://cran.r-project.org/web/packages/ddalpha/ddalpha.pdf> (22.3.2017)

Abgabetermin

Abgabe am **Montag, dem 26.6.2017**, in der Veranstaltung.

1.3.3. Übersicht der Messstellen

Die Montage des Rissmonitorings erfolgte am 23.05.2016 und 24.05.2016 durch das Ingenieurbüro KHP Frankfurt und MBK Darmstadt.

Damit mögliche Spannstahlausfälle in allen Hauptträgern detektiert werden können, wurden an jedem kritischen Bereich der Momentennullpunkte beidseitig Wegaufnehmer installiert. Dies ergibt insgesamt 16 Messstellen. Die Lage der Messstellen ist im Messstellenplan auf Abbildung 1-7 dargestellt.

Bei der Montage der Wegaufnehmer wurde ebenfalls die aktuelle Rissbreite gemessen und dokumentiert. Diese ermittelten Rissbreiten wurden als Ausgangswerte (w_0) für die nachfolgenden Auswertungen angesetzt.

Auf den nachfolgenden Tabellen 1 und 2 sind die Ausgangswerte der Rissbreite sowie die tatsächliche Lage der Messstellen am Bauwerk dokumentiert.

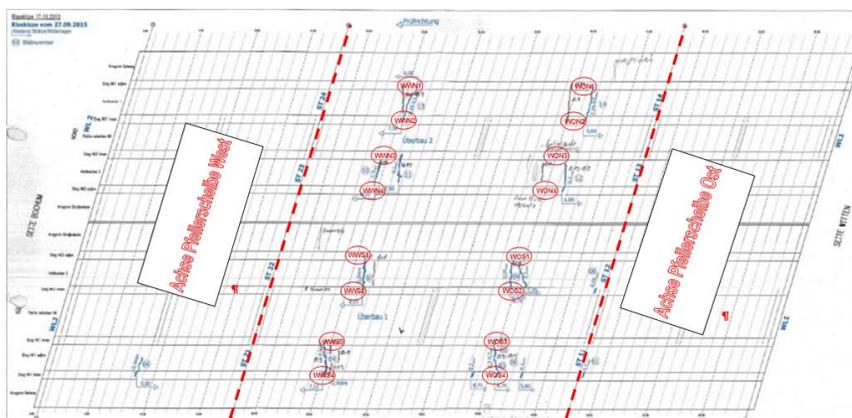


Abbildung 1-7 Messstellenplan mit Bezeichnung der Wegaufnehmer

1.3.4. Temperaturmessung

Zusätzlich zu der Installation der Wegaufnehmer über dem Riss wurden drei Messpunkte für die Temperaturaufzeichnung installiert. Der Messpunkt $T_{\text{Brücke}}$ befindet sich neben dem Schaltschrank im Bereich der Pfeilerscheibe Nord-Ost unter dem Überbau und dient zur Aufzeichnung der Umgebungstemperatur. Der Messpunkt T_{Sonne} befindet sich auf der Oberseite der Brückenkappe ebenfalls im Bereich der Pfeilerscheibe Nord-Ost und dient zur Erfassung eines eventuellen Temperaturgradienten zwischen Oberkante und Unterkante des Brückenüberbaus. Weiterhin ist noch ein Temperaturmesspunkt im Schaltschrank angeschlossen, der aber nur zur Temperaturüberwachung der Messtechnik dient.

Tabelle 1 Übersicht über die Messstellen Seite Ost

Wegaufnehmer Ostseite	Abstand Riss zur Vorderkante Pfeilerscheibe Ost	Lage des Wegaufnehmers von Unterkante Überbau	Rissbreite w_0 bei der Installation (23.05.2016)	Messbereich der Wegaufnehmer
[-]	[m]	[m]	[mm]	[mm]
WON1	~ 6,60	~ 0,050	≤ 0,10	± 5
WON2	~ 6,00	~ 0,040	~ 0,15	± 5
WON3	~ 5,70	~ 0,045	≤ 0,10	± 5
WON4	~ 5,80	~ 0,060	kein Riss	± 5
WOS1	~ 8,50	~ 0,050	≤ 0,10	± 2
WOS2	~ 7,40	~ 0,055	~ 0,20	± 2
WOS3	~ 6,70	~ 0,050	~ 0,15	± 2
WOS4	~ 7,30	~ 0,050	~ 0,25	± 2

z.B. WON1 = Wegaufnehmer Ost Nord 1

Tabelle 2 Übersicht über die Messstellen Seite West

Wegaufnehmer Westseite	Abstand Riss zur Vorderkante Pfeilerscheibe Ost	Lage des Wegaufnehmers von Unterkante Überbau	Rissbreite w_0 bei der Installation (24.05.2016)	Messbereich der Wegaufnehmer
[-]	[m]	[m]	[mm]	[mm]
WWN1	~ 8,00	~ 0,070	~ 0,15	± 5
WWN2	~ 7,40	~ 0,045	~ 0,30	± 5
WWN3	~ 5,30	~ 0,045	~ 0,15	± 5
WWN4	~ 6,50	~ 0,045	≤ 0,10	± 5
WWS1	~ 8,50	~ 0,050	kein Riss	± 2
WWS2	~ 7,70	~ 0,055	≤ 0,10	± 2
WWS3	~ 7,00	~ 0,040	~ 0,25	± 2
WWS4	~ 7,70	~ 0,045	~ 0,30	± 2

Abbildung 4: Ausgangsmessungen der Wegaufnehmer, Auszug aus dem Bericht von Heinrich (2016)