

Forschungsprojekt  
**Ausreißer-Erkennung in Zeitreihen  
mittels Graphen-basierter Algorithmen**

im Studiengang Angewandte Informatik  
der Fakultät Informationstechnik  
Wintersemester 2020/2021

Bahar Uzun  
764647  
Jeremy Kielman  
764097  
Marcus Erz  
762294

**Abgabedatum:** 28. Februar 2021

**Prüferin:** Prof. Dr. rer. nat. Gabriele Gühring

---

# Kurzfassung

*todo: Kurzfassung erstellen*

**Schlagwörter:** Anomalie-Erkennung, Ausreißer-Erkennung, Netsimile, MIDAS, Random Walk, Graphen-basierte Algorithmen, Zeitreihen

*todo: 20. Januar 2021 - 22:30 Uhr*

# Inhaltsverzeichnis

|  |    |
|--|----|
| Abbildungsverzeichnis                        | iv |
| Tabellenverzeichnis                          | v  |
| Listings                                     | vi |
| 1 Einleitung                                 | 1  |
| 1.1 Hintergrund . . . . .                    | 1  |
| 1.2 Problemstellung . . . . .                | 2  |
| 1.3 Verwandte Arbeiten . . . . .             | 2  |
| 2 Netsimile                                  | 3  |
| 2.1 Grundlagen . . . . .                     | 3  |
| 2.1.1 Canberra Distance . . . . .            | 3  |
| 3 MIDAS                                      | 4  |
| 3.1 Grundlagen . . . . .                     | 4  |
| 3.1.1 Count-min Sketch . . . . .             | 4  |
| 4 Statische Algorithmen                      | 5  |
| 4.1 IsoMap Basierter Algorithmus . . . . .   | 5  |
| 4.1.1 IsoMap . . . . .                       | 5  |
| 4.1.2 IsoMap Basierter Algorithmus . . . . . | 6  |
| 4.1.3 Implementierung . . . . .              | 6  |
| 4.1.4 Ergebnisse . . . . .                   | 6  |
| 4.2 Perculation . . . . .                    | 7  |
| 4.2.1 Implementierung . . . . .              | 7  |
| 4.2.2 Ergebnisse . . . . .                   | 7  |
| 5 Kapitelname                                | 9  |
| 5.1 Unterkapitel . . . . .                   | 9  |
| 5.1.1 Unterunterkapitel . . . . .            | 9  |
| Literaturverzeichnis                         | 11 |

# Abbildungsverzeichnis

|     |  |    |
|-----|--|----|
| 4.1 | Funktionsweiße IsoMap . . . . .  | 6  |
| 4.2 | Ablauf Percolation basierter Algorithmus . . . . .   | 7  |
| 5.1 | Ego-Netzwerk des Datensatzes . . . . .   | 9  |
| 5.2 | Im Uhrzeigersinn: an erster Variablen ausgerichtet (Variante 1), an zweiter Variablen ausgerichtet (Variante 2), nicht ausgerichtet (Variante 3) und an allen Variablen ausgerichtet (Variante 4). . . . . | 10 |

# Tabellenverzeichnis

# Listings

1

# 1 Einleitung

Im Rahmen der Forschungsprojekt werden verschiedene Algorithmen zur Ausreißer-Erkennung in Graphen erforscht und getestet. Nachfolgend soll die Motivation hinter dieser Thematik erläutert werden.

## 1.1 Hintergrund

todo: formulieren

## 1.2 Problemstellung

**todo: Ziele definieren** Das Ziel dieser Forschungsprojekt ist es verschiedene Algorithmen anzuwenden und erste Erkenntnisse aus ihnen zu gewinnen. Dieses Hauptziel, im Zuge des ersten Semesters des Forschungsprojekts, kann wie folgt in drei Teilziele unterteilt werden:

1. Verschaffen eines Überblicks über die existierenden Algorithmen zur Erkennung von Ausreißern in Graphen
2. Die Entwicklung eines Ausreißer-Scores für die zugrundeliegenden Algorithmen
3. Erste Anwendung der verwendeten Graphen-basierten Algorithmen auf Zeitreihen

## 1.3 Verwandte Arbeiten

**todo: related work einfügen**



## 2 Netsimile

todo: In diesem Kapitel werden grundlegende Themen behandelt, die im Rahmen des Forschungsprojekts zum Verständnis der Ausreißer-Erkennung in Graphen gedient haben.

### 2.1 Grundlagen

todo: Einführung in den Algorithmus

#### 2.1.1 Canberra Distance

Einführung

todo: Stichworte sammeln

## 3 MIDAS

todo: In diesem Kapitel werden grundlegende Themen behandelt, die im Rahmen des Forschungsprojekts zum Verständnis der Ausreißer-Erkennung in Graphen gedient haben.

Erst erklären wie der MIDAS funktioniert. Und zum Laufen gebracht mit Graphen über die Zeit ENRON & DARPA. Im Anschluss auf Zeitreihendaten angewendet.

### 3.1 Grundlagen

todo: Einführung in den Algorithmus

#### 3.1.1 Count-min Sketch

Einführung

todo: Stichworte sammeln

## 4 Statische Algorithmen

**todo: Labels für die einzelnen Texte umbenennen** Es ist mit dieser Art von Algorithmen möglich Ausreißer in einer vollständigen und abgeschlossenen Zeitreihe zu identifizieren. Es werden zwei Algorithmen vorgestellt, ein auf Percolation basierender Algorithmus und ein auf IsoMap basierender Algorithmus. Beide Algorithmen wurden dazu entwickelt Ausreißer in unterschiedlichen Typen von Datensätzen zu erkennen (z.B. Videos, Bilder, Netzwerke). Voraussetzung hierfür ist lediglich, dass eine Distanz zwischen unterschiedlichen Elementen des Datensatzes berechnet werden kann (vgl. [Amil et al. 2019](#), S. 2). Im Folgenden werden die Algorithmen, hinsichtlich ihrer Fähigkeit Ausreißer in Zeitreihen zu identifizieren evaluiert.

Für beide Algorithmen gilt, dass die Zeitreihe zunächst in ein Netzwerk umgewandelt werden muss. Hierzu die Formel, welche hierzu verwendet wird:

$$a = b \tag{4.1}$$

$$D_{ij} = \left( \sum_k |v_k^i - v_k^j|^p \right)^{1/p}$$

Formel 1 gibt an, wie ein Element  $ij$  der Distanzmatrix berechnet wird. Insofern für  $p$  gleich zwei eingesetzt wird, wird zwischen den Elementen die euklidische Distanz berechnet. Ein Element der Zeitreihe kann aus mehreren Werten bestehen z.B. bei multivariaten Zeitreihen. Die berechnete Distanzmatrix bildet ein Netzwerk, dabei bilden die Zeitreihen Elemente die Knoten und die Distanzen zwischen ihnen, die Gewichte (vgl. [Amil et al. 2019](#), S. 2-3).

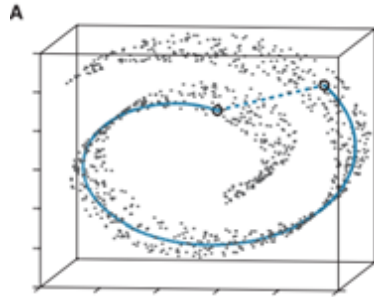
### 4.1 IsoMap Basierter Algorithmus

Der Grundgedanke hinter diesem Ansatz ist, dass Informationen über Ausreißer bei der Reduzierung der Dimensionalität mit dem IsoMap Algorithmus verloren gehen. Insofern versucht wird, die Informationen zu rekonstruieren und mit der ursprünglichen Matrix vergleicht, können große Abweichungen bei Ausreißer Elementen festgestellt werden (vgl. [Amil et al. 2019](#), S. 3).

#### 4.1.1 IsoMap

Beim IsoMap handelt es sich um einen Algorithmus zur nichtlinearen Dimensionsreduktion. Zunächst werden beim IsoMap die Nachbarn eines jeden Punktes über K-Nearest Neighbor bestimmt. Anschließend wird jeder Punkt mit den gefundenen Nachbarn verknüpft, wodurch ein neuer Körper entsteht. Daraufhin wird eine neue Distanzmatrix auf dem entstandenen Körper berechnet. Diese Matrix kann auch als geodätische Distanzmatrix bezeichnet werden und wird im weiteren Verlauf des Algorithmus benötigt. Der Zweck des Ablaufs ist es das nichtlineare

Zusammenhänge in der anschließenden Dimensionsreduktion erhalten bleiben. Die Dimensionsreduktion erfolgt anschließend über Eigenvektor ? (vgl. Tenenbaum et al. 2000, S. 3). **todo: Noch nach Seite für Quelle suchen**



**Abb. 4.1:** Funktionsweise IsoMap

#### 4.1.2 IsoMap Basierter Algorithmus

Mithilfe des IsoMap Algorithmus wurden neue Features berechnet. Im nächsten Schritt wird versucht aus diesen Features die ursprüngliche Distanzmatrix zu rekonstruieren. Nun kann die Distanzmatrix aus [Kap. 4.1.1](#) mit dieser Distanzmatrix verglichen werden. Dazu wird die Pearson Korrelation zwischen den jeweiligen Vektoren der Matrizen berechnet. Für Ausreißer wird erwartet, dass die Ähnlichkeit sehr niedrig ist, da die Informationen über sie bei der Reduktion verloren gehen (vgl. [Amil et al. 2019](#), S. 3).

#### 4.1.3 Implementierung

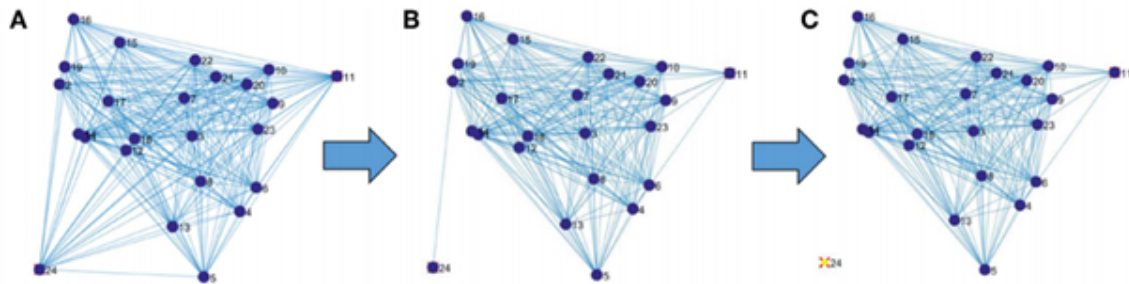
Da für die Implementierung des Algorithmus viele Berechnungen mit Matrizen durchgeführt werden müssen, wurde hierzu auf Python/Numpy zurückgegriffen. Für den IsoMap Algorithmus existierte eine sehr gute Implementierung in SciKitLearn, deshalb wurde auf diese zurückgegriffen. An den Algorithmus können verschieden Parameter übergeben werden, es handelt sich hierbei um dieselben Parameter, welche auch an den IsoMap Algorithmus übergeben werden können.

#### 4.1.4 Ergebnisse

uqbcqwui

## 4.2 Percolation

Bei diesem Algorithmus werden schrittweise die Kanten mit den höchsten Gewichten aus der Distanzmatrix entfernt. Ziel dieses Prozesses ist es Ausreißer vom Hauptcluster zu trennen. Dabei kann davon ausgegangen werden, dass Ausreißer höhere Kantengewichte zu ihren Nachbarn aufweisen und deshalb schneller separiert werden. Sobald ein Knoten komplett separiert ist, wird ihm ein Ausreißer Score zugeordnet. Der Wert des Ausreißer Scores wird über die zuletzt entfernte Kante des Knoten definiert (vgl. [Amil et al. 2019](#), S. 3).



**Abb. 4.2:** Ablauf Percolation basierter Algorithmus

### 4.2.1 Implementierung

Aus denselben Gründen wie in [Kap. 4.1.3](#) erläutert, wurde für die Implementierung auf Python/Numpy zurückgegriffen. Da die Distanzmatrix sehr umfangreich werden kann wurden einige Veränderungen an dem Algorithmus vorgenommen, um ihn Performanter zu machen. Eine Modifikation, die vorgenommen wurde, ist das die Kanten nicht einzeln, sondern in Gruppen entfernt werden. Dadurch muss seltener überprüft werden, ob ein Knoten mittlerweile komplett isoliert ist. Außerdem wurde ein Abbruchkriterium implementiert, bei welchem der Algorithmus angehalten wird sobald eine bestimmte Prozentzahl an Kanten entfernt wurde. Dies hat keine Auswirkungen auf die Qualität der Ausreißer Erkennung, da Ausreiser üblicherweise bereits zu Beginn des Algorithmus isoliert werden. Der Algorithmus berechnet für jedes Element der Zeitreihe einen Ausreißer Score. Allerdings können die Ausreißer Scores sehr stark schwanken. Deshalb ist es schwierig Ausreißer zu identifizieren, welche sich über mehrere Zeitschritte erstrecken, da kein kontinuierliches Ansteigen des Scores beobachtet werden kann. Eine Möglichkeit, um diese Art der Ausreißer trotzdem zu identifizieren, ist es ein Sliding Window Verfahren einzusetzen. Dabei wird der Ausreißer Score für jedes Element neu berechnet, indem ein Mittelwert über die Zeitpunkte vor einem und nach einem Element gebildet wird. Dadurch werden die Schwankungen im Ausreißer Score abgemildert. Prinzipiell ist der Algorithmus parameterfrei, durch die Veränderungen kann jedoch die Größe des Sliding Window als Parameter übergeben werden.

### 4.2.2 Ergebnisse

*todo: Die Bilder vielleicht noch überarbeiten, sodass sie schöner aussehen. Vielleicht auch noch die Tabelle mit den Sternen rein machen. Vielleicht die beiden Graphiken zu einer Zusammenführen.*

todo: Fragestellung: Inwieweit können vielleicht auch andere Datensätze in Graphen umgewandelt werden, sodass z.B. der Netismile darauf angewendet werden kann.

# 5 Kapitelname

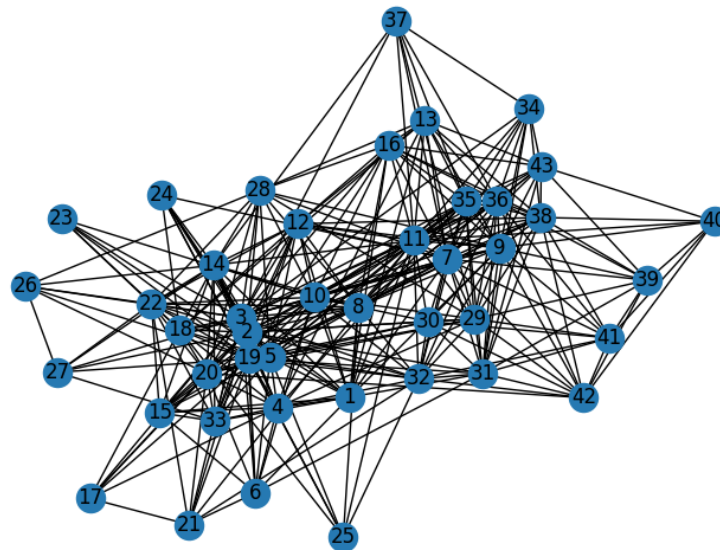
## 5.1 Unterkapitel

### 5.1.1 Unterunterkapitel

**Man** kann mit den labels im Text bezug nehmen mit [Kap. 5.1.1](#). Wenn man zitieren möchte, dann verwendet man am besten (vgl. [Mihajlovic & Petkovic 2001](#), S. 1). Ich denke die Logik wird klar, wenn man es hier betrachtet. Anführungszeichen *im Fließtext* erfolgen mittels "Wort" manchmal benötigt man das space um ein Leerzeichen zu generieren.

#### Fette Überschrift

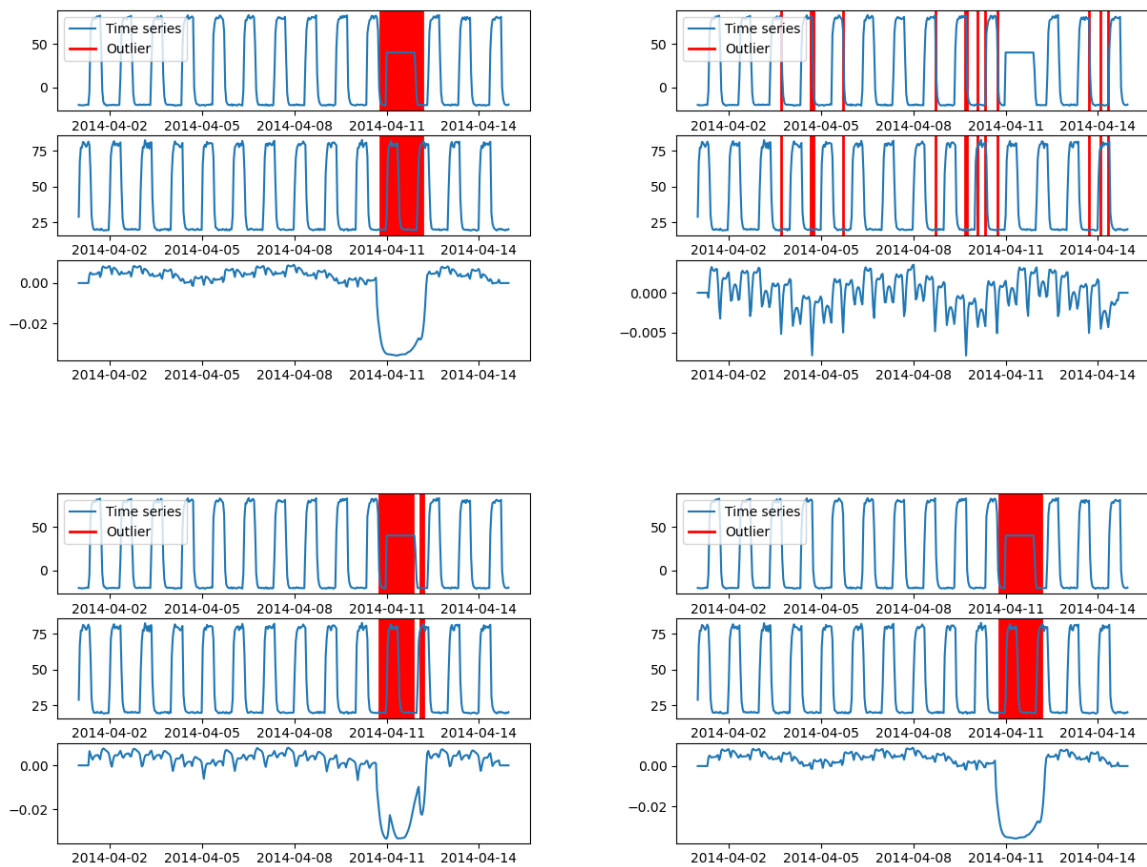
Für Bilder könnt ihr folgendes copy pasten. Die Bilder, die ihr einfügen möchtet, sollten im Ordner fig eingefügt werden. Hier sollte bei includegraphics der Name eingesetzt werden, caption steht für Bildunterschrift und das label muss individuell sein damit man darauf referenzieren kann.



**Abb. 5.1:** Ego-Netzwerk des Datensatzes

Bei mehreren Bildern nebeneinander könnt ihr folgendes verwenden:

Wenn ihr to dos vermerken wollt, nutzt hierfür: **todo: hier ein to do einfügen**



**Abb. 5.2:** Im Uhrzeigersinn: an erster Variablen ausgerichtet (Variante 1), an zweiter Variablen ausgerichtet (Variante 2), nicht ausgerichtet (Variante 3) und an allen Variablen ausgerichtet (Variante 4).

Wenn ihr etwas aufzählen wollt:

1. Verschaffen eines Überblicks über die existierenden Algorithmen zur Erkennung von Ausreißern in Graphen
2. Die Entwicklung eines Ausreißer-Scores für die zugrundeliegenden Algorithmen
3. Erste Anwendung der verwendeten Graphen-basierten Algorithmen auf Zeitreihen



# Literaturverzeichnis

Amil, P., Almeida, N. & Masoller, C. (2019), ‘Outlier mining methods based on graph structure analysis’, *Frontiers in Physics* **7**, 194.

**URL:** <https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fphy.2019.00194>

Mihajlovic, V. & Petkovic, M. (2001), *BEISPIEL Dynamic Bayesian Networks: A State of the Art*, Vol. TR-CTIT-34 of *CTIT Technical Report Series*, University of Twente, Netherlands. Imported from CTIT.

Tenenbaum, J. B., Silva, V. d. & Langford, J. C. (2000), ‘A global geometric framework for nonlinear dimensionality reduction’, *Science* **290**(5500), 2319–2323.

**URL:** <https://science.sciencemag.org/content/290/5500/2319>