

# Machine Learning und Messdaten

Parameterfreie Detektion von  
Trockenwettertagen und  
Fremdwasseranalyse

**Dominik Leutnant**, Malte Henrichs, Mathias Uhl  
FH Münster - Institut für Infrastruktur·Wasser·Ressourcen·Umwelt (IWARU)  
AG Siedlungshydrologie und Wasserwirtschaft

Corrensstraße 25  
D-48149 Münster

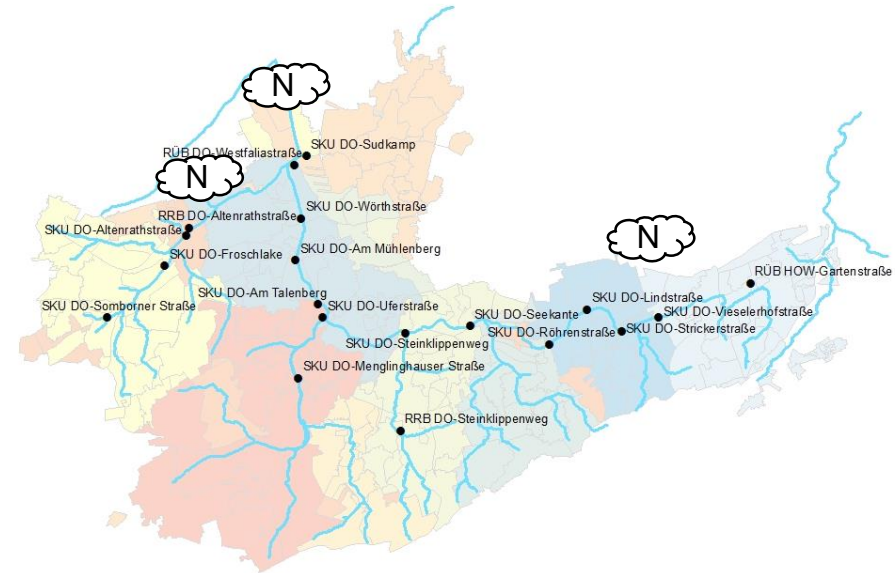
fon +49 (0)251.83 65-274  
fax +49 (0)251.83 65-915

leutnant@fh-muenster.de  
[www.fh-muenster.de/iwaru](http://www.fh-muenster.de/iwaru)

# Hintergrund

## Modellgestützte Systemoptimierung

- **Drosseloptimierung** an Mischwasserbehandlungsanlagen (MWBA)
- Einzugsgebiet Dortmund-Deusen (162 km<sup>2</sup>)
- 3 Niederschlagsstationen (N)
- MOMENT-Modell
- Kalibrierung
  - Schmutzwasser
  - Fremdwasser
- → Detektion von TW-Tagen



***Wie können Messdaten effektiv zur Erkennung von Trockenwettertagen eingesetzt werden?***

# Trockenwettertag

## Definition und Detektion

### MURL NRW (2001)

*„N weniger oder gleich 0,3 mm am  
**Tag** und N weniger oder gleich 0,3  
mm am **Vortag**“*

- niederschlagsbasiert
- automatisierbar

### Manuell

Subjektive Einschätzung des  
Bearbeiters

- durchflussbasiert
- ressourcenintensiv

***Erkennung von Trockenwettertagen***  
***automatisch anhand von Durchflüssen?***

# Machine Learning

## Einordnung

*Klasse von Algorithmen zur Erkennung von Mustern und Ähnlichkeiten*

- **Supervised Learning** („überwachtes Lernen“)
  - Daten müssen zuvor eingeordnet werden („labeled“)
  - z.B. Gesichtserkennung in Bildern
- **Unsupervised Learning** („unüberwachtes Lernen“)
  - Erkennung und Clustern von ähnlichen Daten
  - „Ähnlichkeitsmaß“ erforderlich

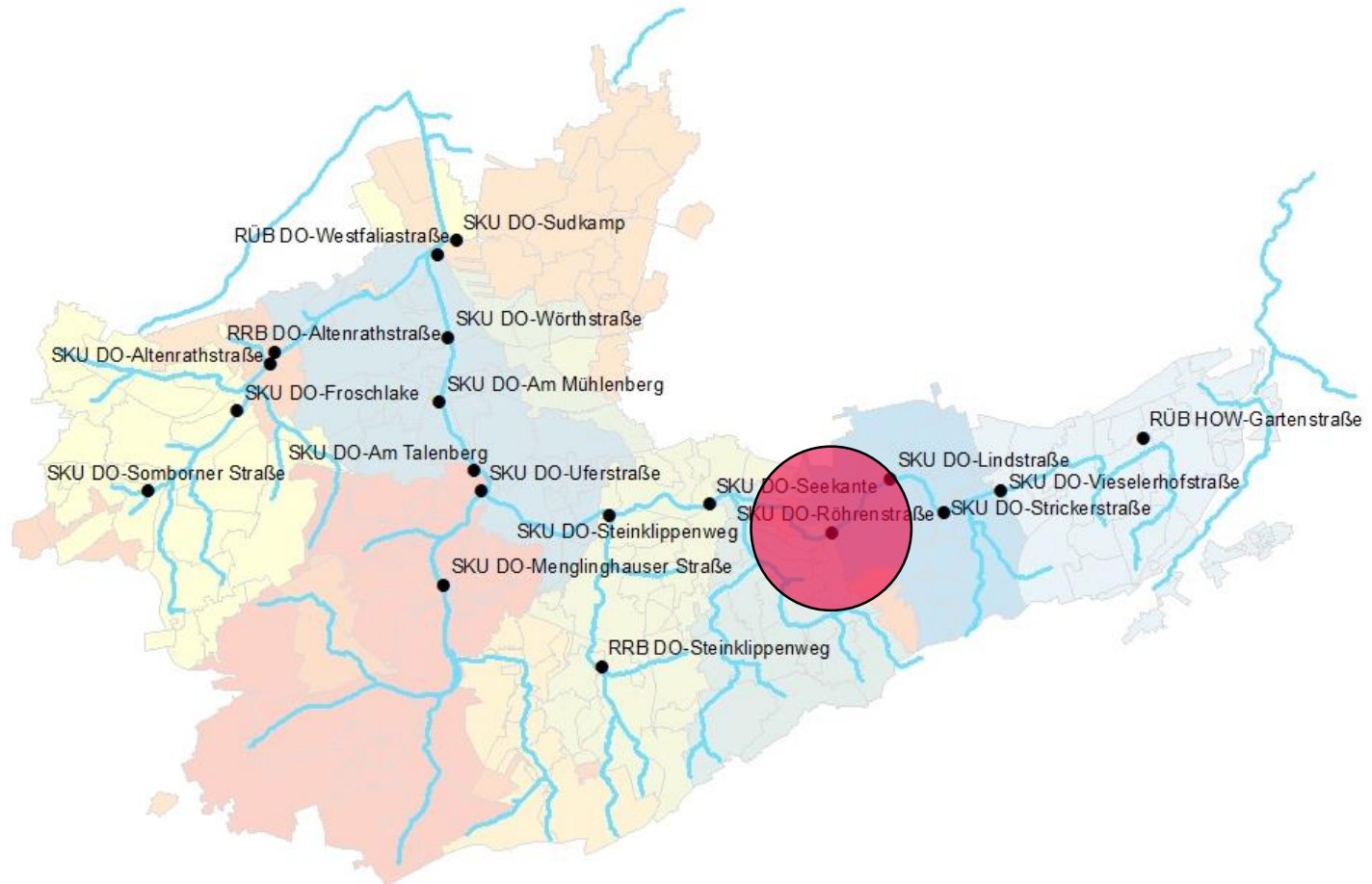
# Machine Learning

## Erkennung von Trockenwetterabflüssen

- Ähnlichkeit *von Abflussequenzen* mittels „**Shape-based distance**“ (Paparrizos und Gravano 2015), denn ähnliche TW-Abflüsse können ...
  - unterschiedliche **Amplituden** aufweisen („scale invariance“)
  - **zeitlich versetzt** auftreten („shift invariance“)
  - **unterschiedlich lang** sein („uniform scaling invariance“)
  - **Lücken** aufweisen („occlusion invariance“)
  - **Rauschen** beinhalten („complexity invariance“)
- Hierarchische **Clusteranalyse**
  - Auswahl des Clusters mit den meisten Sequenzen und mit der geringsten Distanz im Cluster → Trockenwetterabfluss

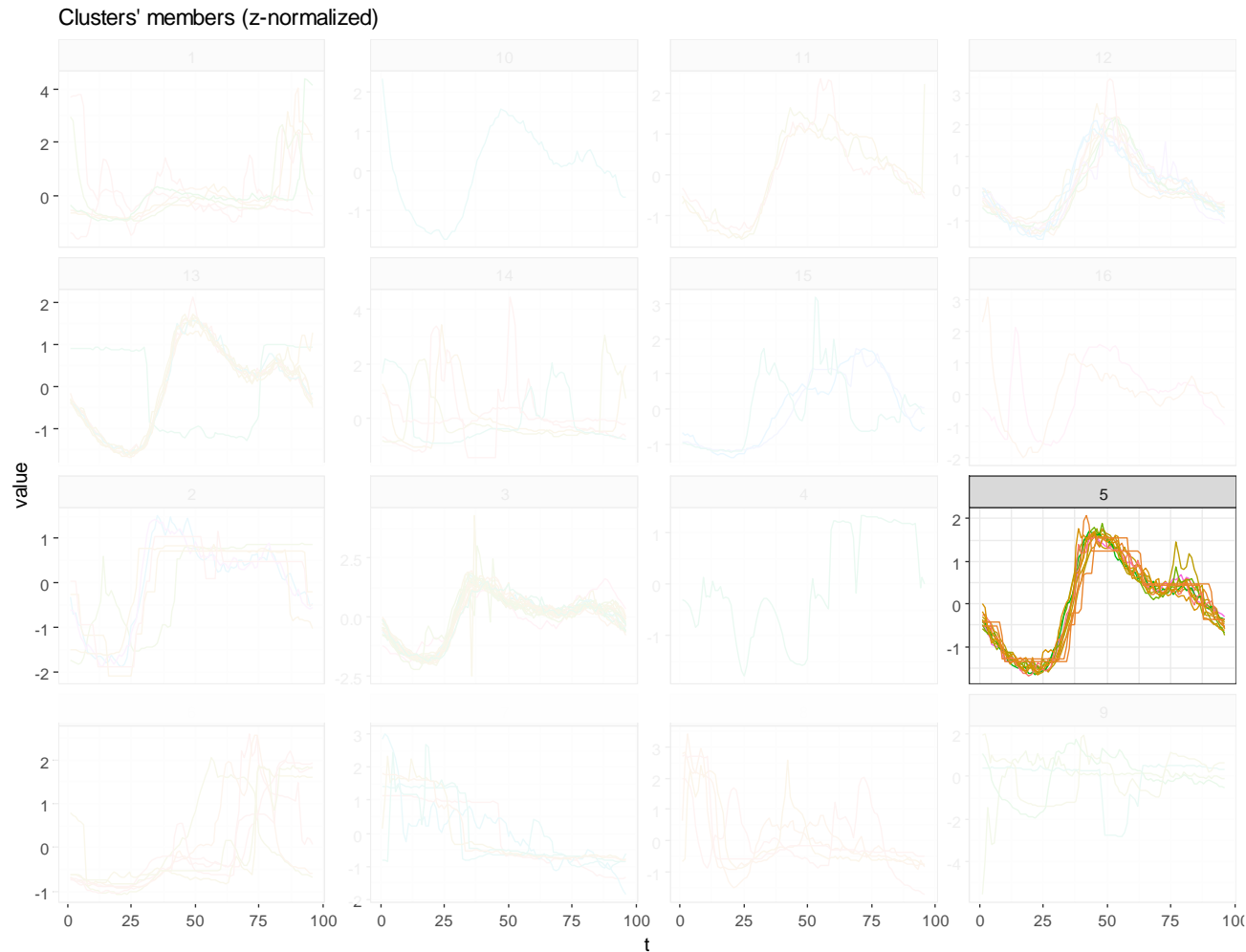
# Trockenwetterabfluss

## Beispiel MWBA Röhrenstraße



# Trockenwetterabfluss

## Clusteranalyse



# Konfusionsmatrix

## Beurteilung der Klassifizierungsgüte

---

		<b>Automatische Klassifizierung</b>	
		TW	RW
<b>Manuelle Klassifizierung</b>	TW	richtig positiv	falsch negativ
	RW	falsch positiv	richtig negativ

---



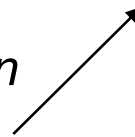
# Konfusionsmatrix

## Beurteilung der Klassifizierungsgüte

		MURL NRW (2001)		Machine Learning (ML)	
		TW	RW	TW	RW
Manuelle Klassifizierung	TW	<b>248</b>	147	<b>161</b>	234
	RW	8	326	1	333

	Sensitivität	Genauigkeit
MURL NRW (2001)	0.63	0.968
Machine Learning (ML)	0.41	0.994

*„Anteil der korrekt erkannten  
Trockenwettertage aller  
Trockenwettertage“*



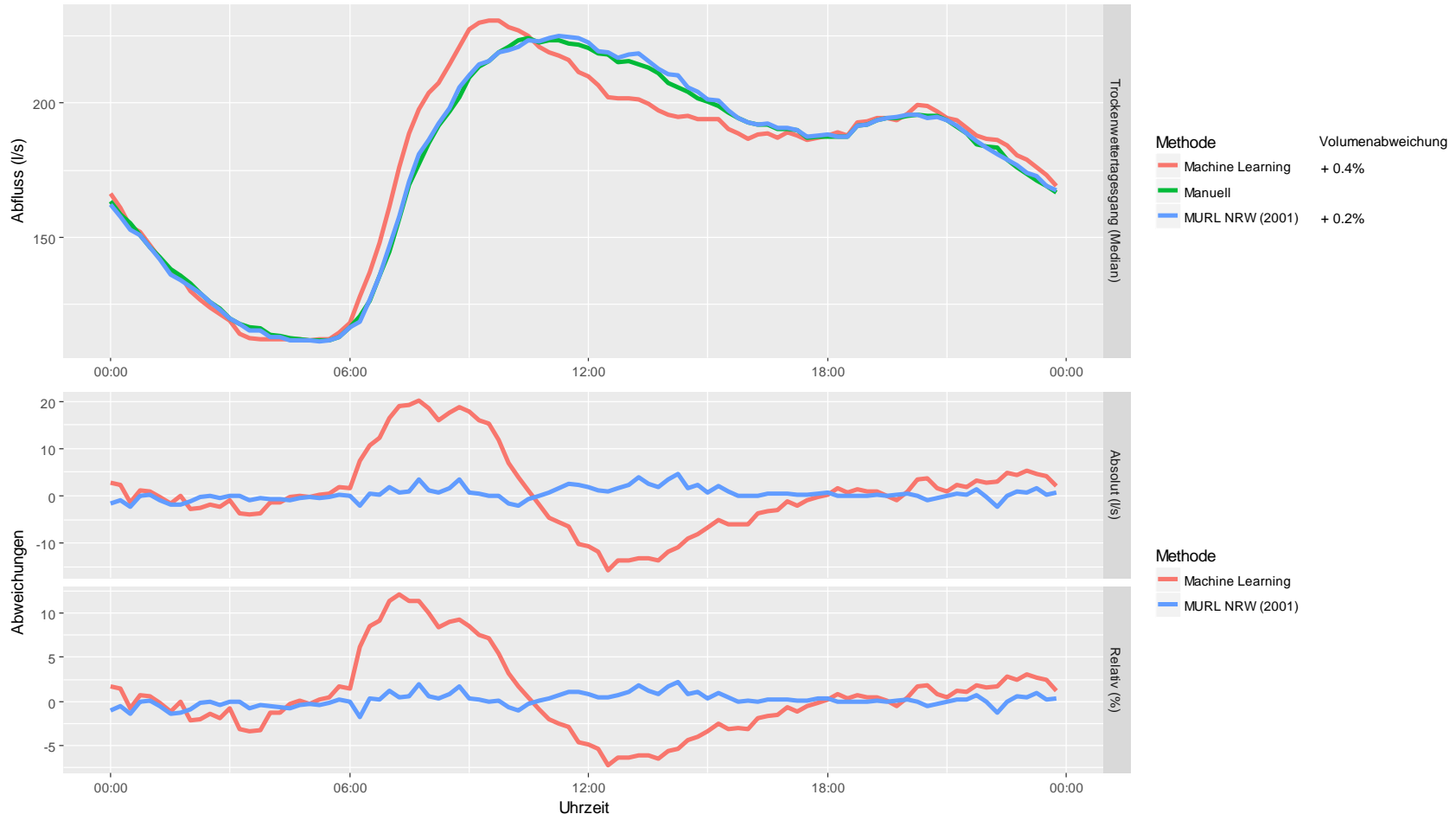
*„Trockenwettertag klassifiziert,  
obwohl Regenwettertag“*



# Trockenwettertagesgänge

## Methodenvergleich

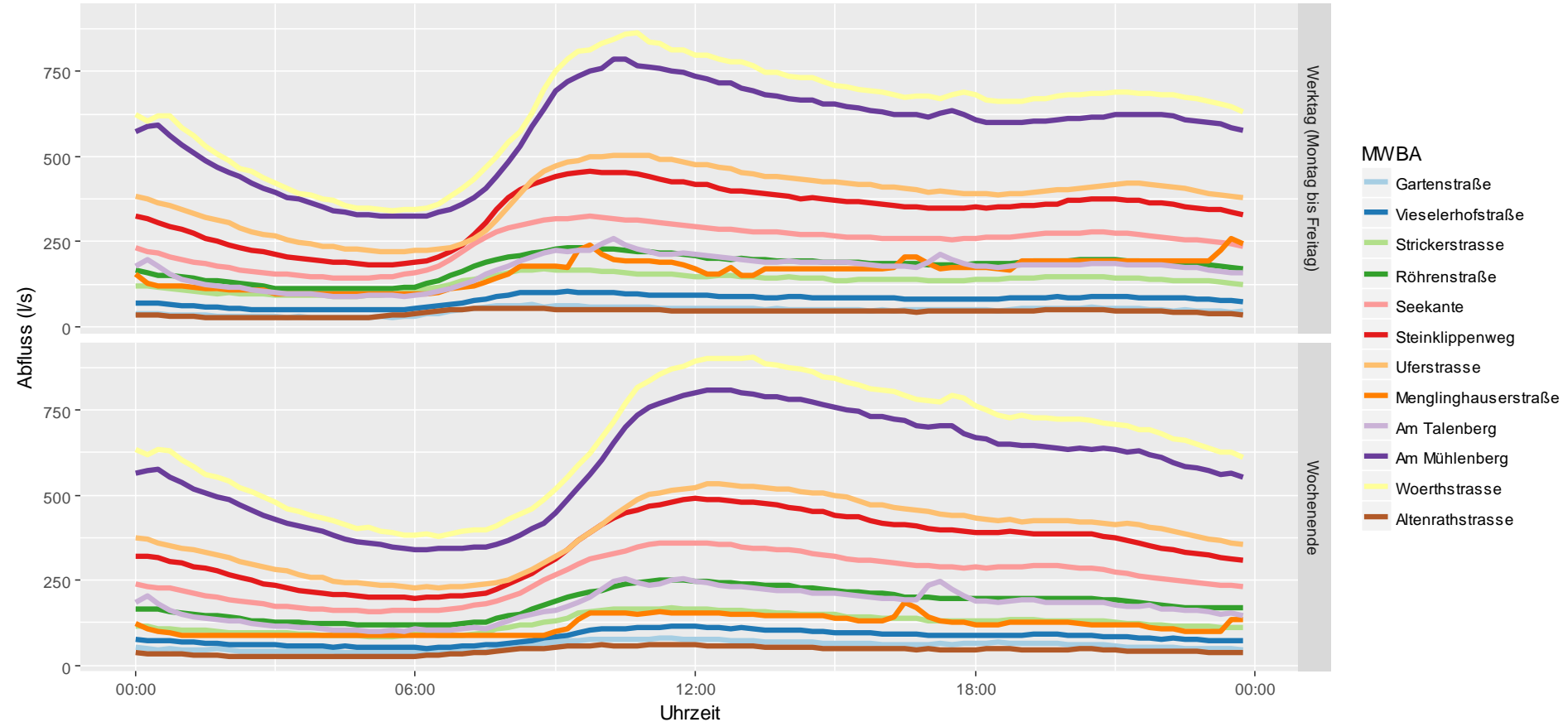
Vergleich der Methoden zur Bestimmung von Trockenwettertagesgängen (Median)  
am Beispiel der MWBA Röhrenstraße



# Trockenwettertagesgänge im Einzugsgebiet der KA Dortmund-Deusen

Trockenwettertagesgänge (Median) an MWBA im Einzugsgebiet Dortmund-Deusen

Werktage und Wochenende differenziert betrachtet



# Fremdwasserschätzung

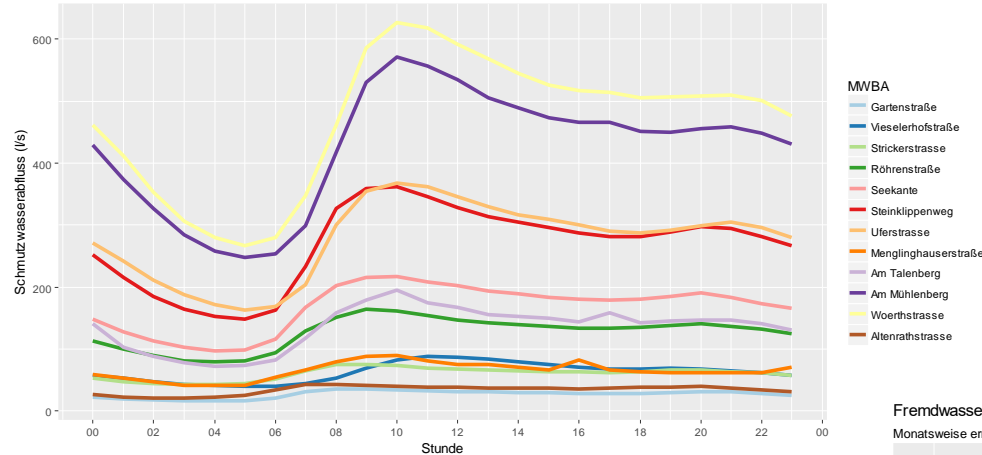
## Vorgehen

1. Bestimmung des Median Trockenwetterabflusses  $Q_{TW,median}$
2. Schätzung des monatlichen FW-Abflusses mittels Nachtminimum-Methode  $Q_{FW,Monat}$
3. Berechnung SW-Abfluss:  $Q_s \text{ (l/s)} = MIN(0, Q_{TW,median} - Q_{FW,Monat})$
4. Numerische Optimierung der Gleichung:  $Q_{TW} = a * Q_s + b * Q_{FW}$
5. Optimierte Abflussanteile:
  - Schmutzwasserabfluss  $Q_{s,opt} = a * Q_s$
  - Fremdwasserabfluss  $Q_{FW,opt} = b * Q_{FW}$

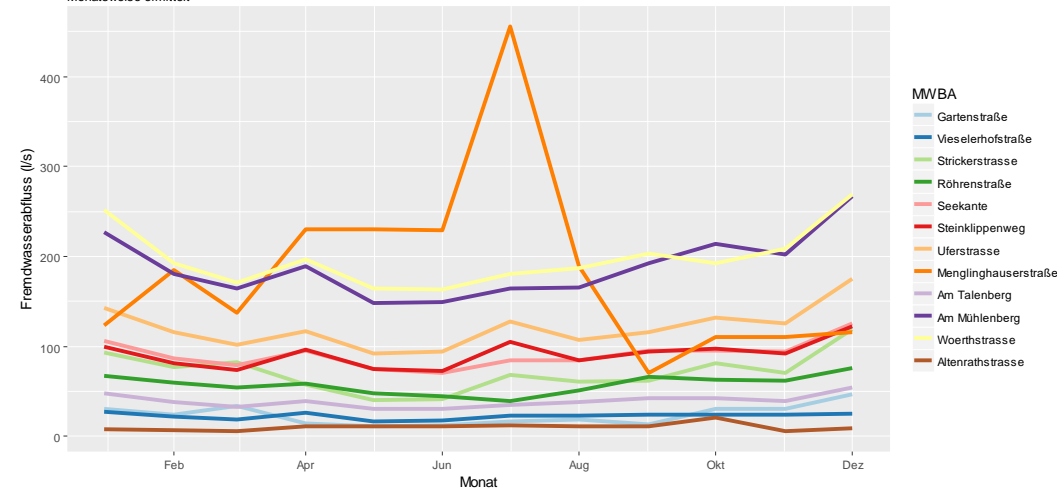
# Abflussanteile SW und FW

## Im Einzugsgebiet der KA Dortmund-Deusen

Schmutzwassertagesgänge an MWBA im Einzugsgebiet Dortmund-Deusen  
Stündlich ermittelt



Fremdwasserjahresgänge an MWBA im Einzugsgebiet Dortmund-Deusen  
Monatsweise ermittelt

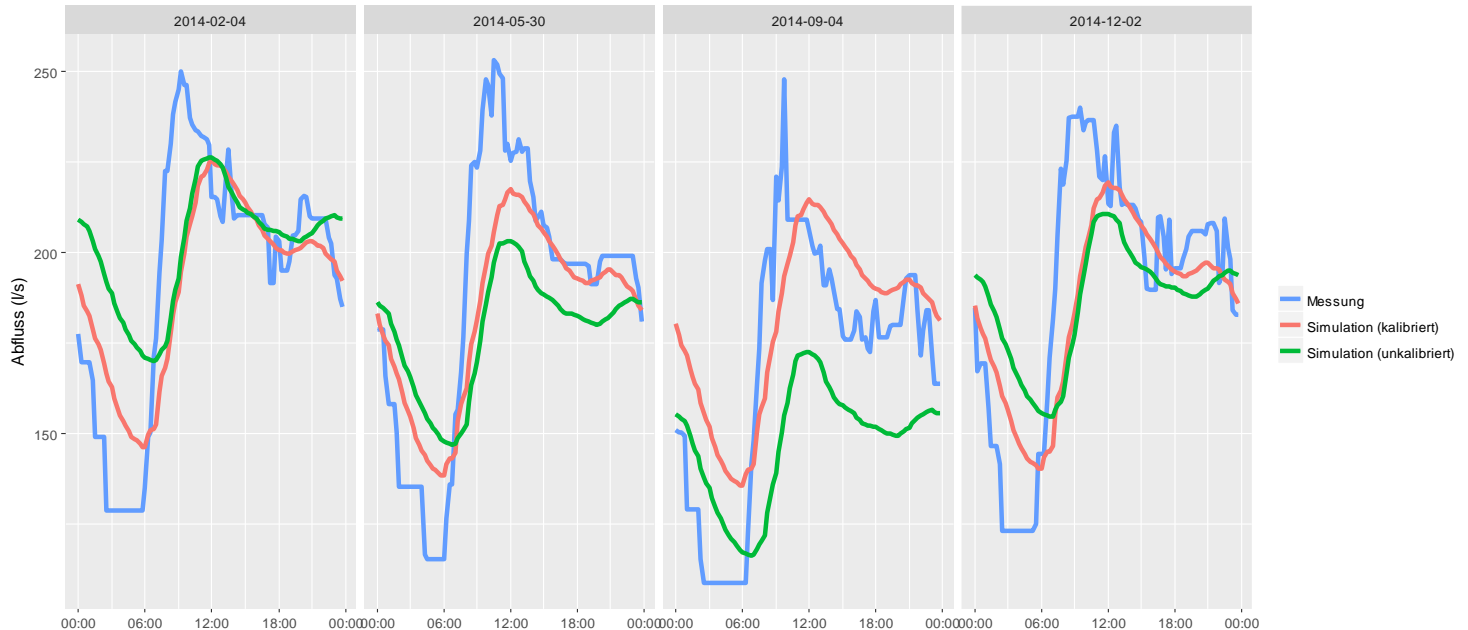


# Trockenwettertagesgänge

## Messung vs. Simulation

Gegenüberstellung der gemessenen, kalibrierten und unkalibrierten Trockenwettertagesgänge

am Beispiel der Messdaten der MWBA Röhrenstraße



	Nash-Sutcliffe-Effizienz (-)		Volumenabweichung (%)	
	kalibriert	unkalibriert	kalibriert	unkalibriert
2014-02-04	0.62	0.29	-0.7	4
2014-05-30	0.72	0.43	-2.3	-5
2014-09-04	0.54	0.03	7.0	-12
2014-12-02	0.89	0.33	-2.5	-2.2

# Fazit

- Machine Learning Algorithmus zur Detektion von Trockenwettertagen anhand von Durchflussmessdaten
- Robuste Methode zur automatisierten Abschätzung von Abflussanteilen
- Einzugsgebietsunabhängig anwendbar

Dank an Dr.-Ing. Jürgen Mang  
(Emschergenossenschaft/Lippeverband)

 [https://github.com/dleutnant/dwf\\_detect](https://github.com/dleutnant/dwf_detect)

