



# Messtechnische Ermittlung von Jahresschmutzfrachten in einem Mischwasser- und einem Niederschlagswasserkanal

**Günter GRUBER<sup>1)</sup>, M. PICHLER<sup>1)</sup>, T. HOFER<sup>1)</sup>, R. MAIER<sup>1)</sup> und M. CLARA<sup>2)</sup>**

10.09.2019

(T)EMPEST (2017 – 2020): Erfassung von **EM**issionen ausgewählter Spurenstoffe aus Kanalsystemen und Handlungs**oP**tionen zu deren Minderung und Optimierung **E**iner alternativen Nachweismethode für Kunst**ST**offpartikeln in Wasserproben

**Eines der TEMPEST-Hauptziele:**  
Generierung von mengenproportionalen Jahresmischproben und Vergleich der gemessenen Jahresstofffrachten mit theoretischen Ansätzen.

**=> Jedes (!) NW-Ereignis eines Jahres** möglichst vollständig und mengenproportional zu beproben.

# TEMPEST: Untersuchungsgebiete (2017 – 2020)

-  Deposition
-  Niederschlagswasserkanal
-  Straßenabwasser
-  Mischwasserkanal



# TEMPEST UG Süd: Graz – Ziegelstraße

## Messstelle Niederschlagswasserkanal (NWK)

128 km<sup>2</sup>



**Wohngebiet in Stadtrandlage**

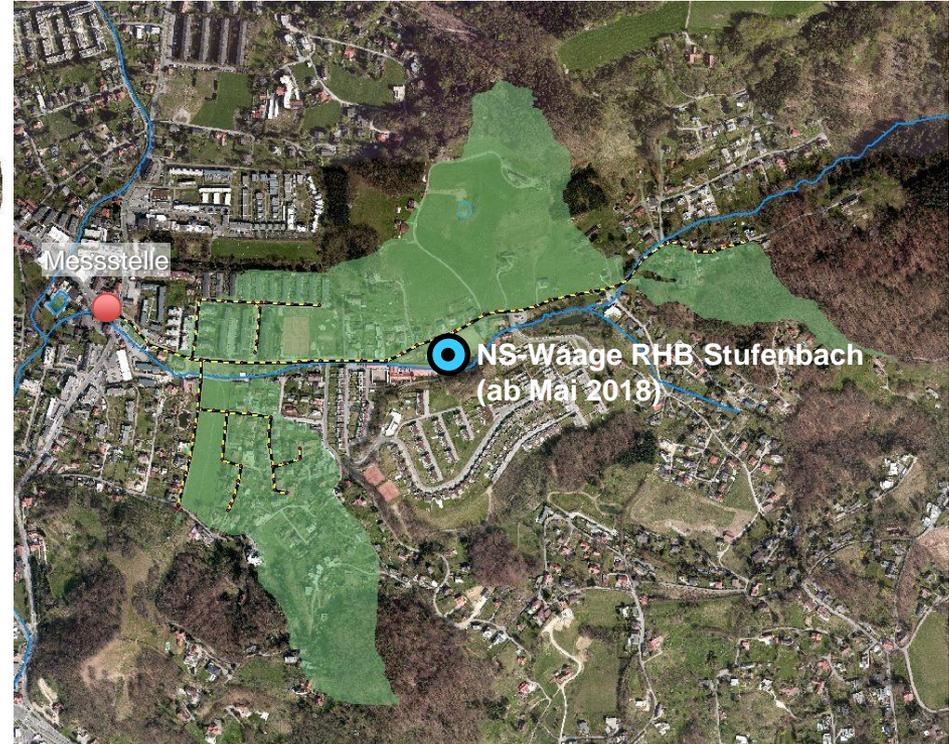
**Fläche:**

41,9 ha gesamt

12,9 ha befestigt (**0,4 %** von Graz)

8,3 ha befestigt, angeschlossen

 **NS-Waage Prochaskagasse**



**Seehöhe:**

min: 367 müA

max: 501 müA

**Tallage:**

3-seitig von Hügeln eingeschlossen

# TEMPEST UG Süd: Graz – Ziegelstraße

## Messstelle Niederschlagswasserkanal (NWK)



Einleitung in den Stufenbach

Errichtung eines Mess- und Probenahmeschachtes



# TEMPEST UG Süd: Graz – Ziegelstraße

## Messstelle Niederschlagswasserkanal (NWK)



Strom

Absperrung



Messhütte



Isolierung

Beleuchtung

Probenehmer



Niederschlag

Kanaleinstieg

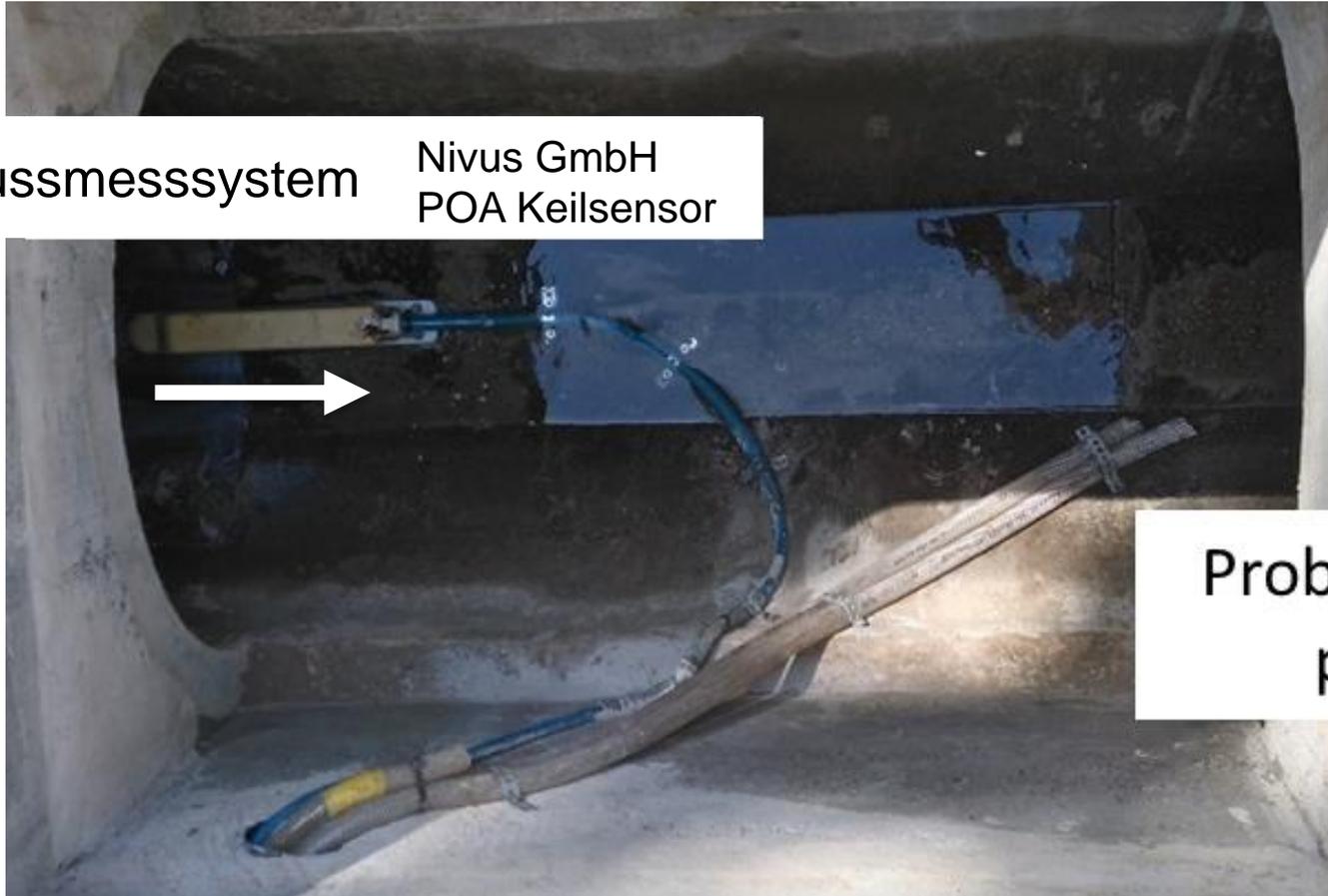
Probenahmegeräte (PNG):  
Mobile, nicht aktiv gekühlte,  
Liqui Port 2000 von E+H

# TEMPEST UG Süd: Graz – Ziegelstraße

## Messstelle Niederschlagswasserkanal (NWK)

Durchflusssystem

Nivus GmbH  
POA Keilsensor

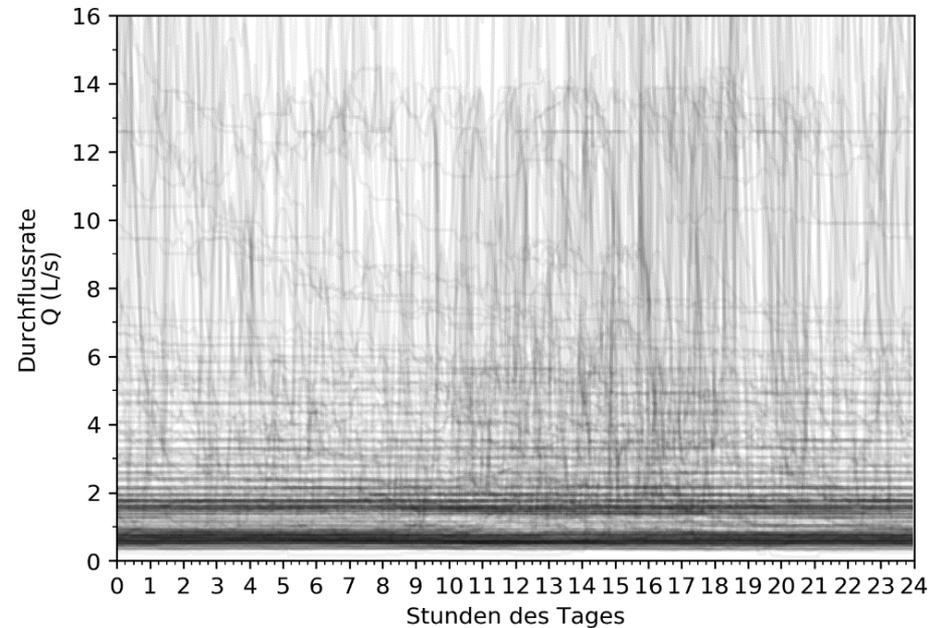
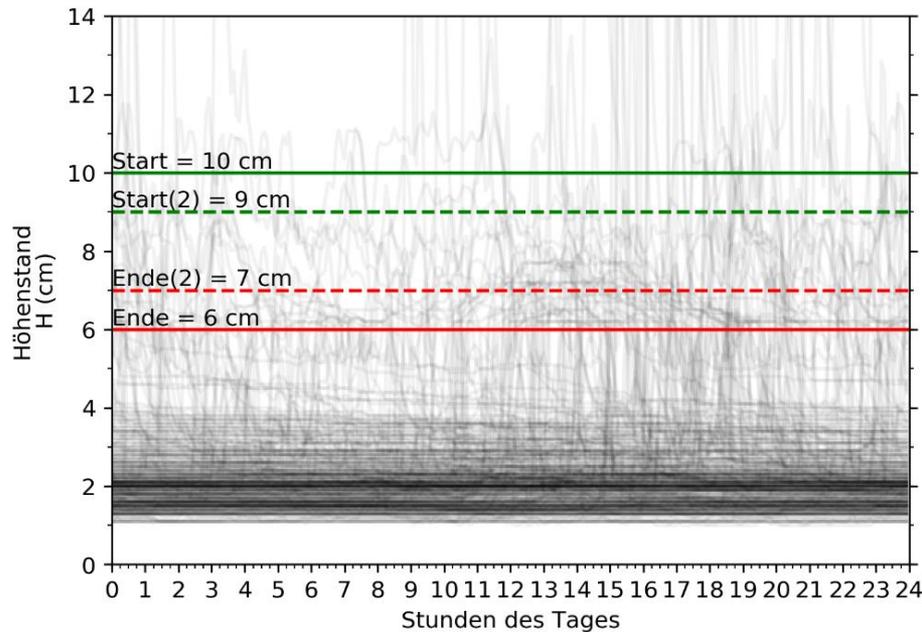


Probenahme-  
punkt

Der Mess- und Probenahmeschacht

# TEMPEST UG Süd: Graz – Ziegelstraße

## Messstelle Niederschlagswasserkanal (NWK)



**Konstanter Trockenwetterabfluss:**  
 $1 \div 3 \text{ cm}$ 
 $0,5 \div 3 \text{ L/s}$

# TEMPEST UG Süd: Graz – MÜ-R05

## Messstelle Mischwasserkanal (MWK)



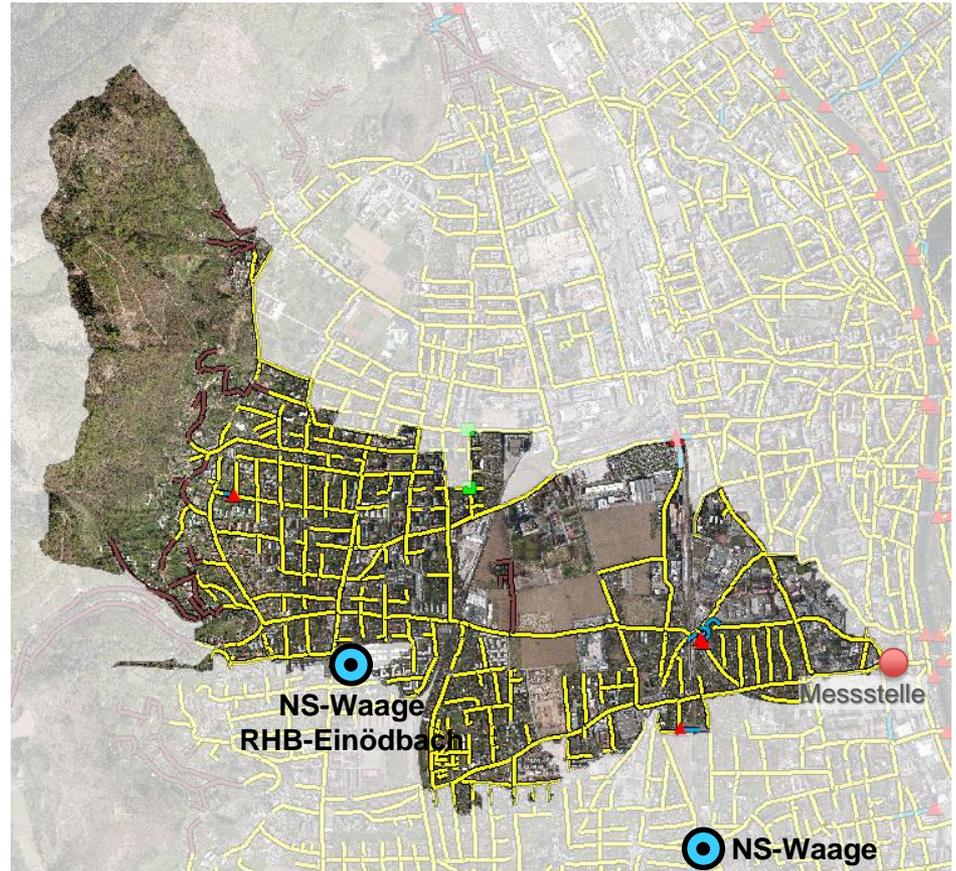
**Wohn- und Gewerbegebiet**

**Fläche:**

615 ha gesamt

232 ha befestigt (6,6 % von Graz)

147 ha befestigt, angeschlossen



**Seehöhe:**

min: 342 müA

max: 732 müA

**Einwohner:**

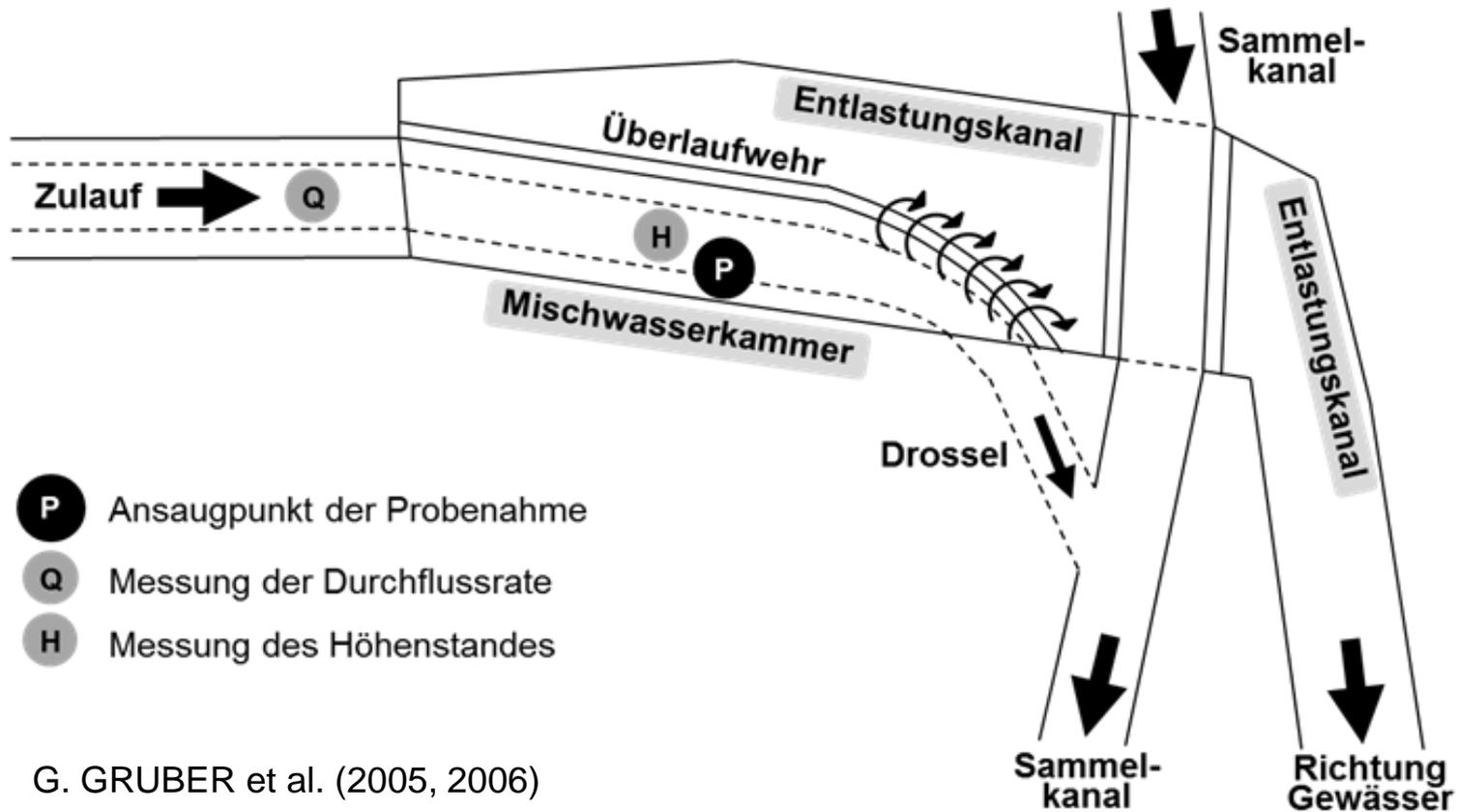
19.500

**NS-Waage  
Strassgang-ZAMG**

# TEMPEST UG Süd: Graz – MÜ-R05

## Messstelle Mischwasserkanal (MWK)

- Mischwasserüberlauf „MÜ-R05“



# TEMPEST UG Süd: Graz – MÜ-R05

## Messstelle Mischwasserkanal (MWK)



Durchflussmessung  
(FloDar, Fa. Marsh McBirney)



Wasserstandsmessung  
(Vegason 61, Fa. Vega)

# TEMPEST UG Süd: Graz – MÜ-R05

## Messstelle Mischwasserkanal (MWK)



Messhütte

Strom

Kanaleinstieg

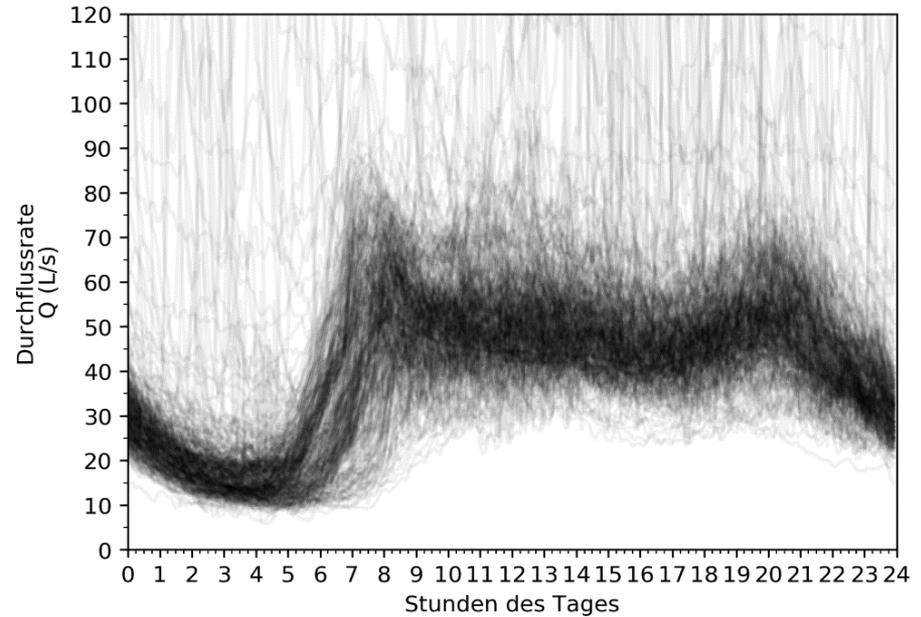
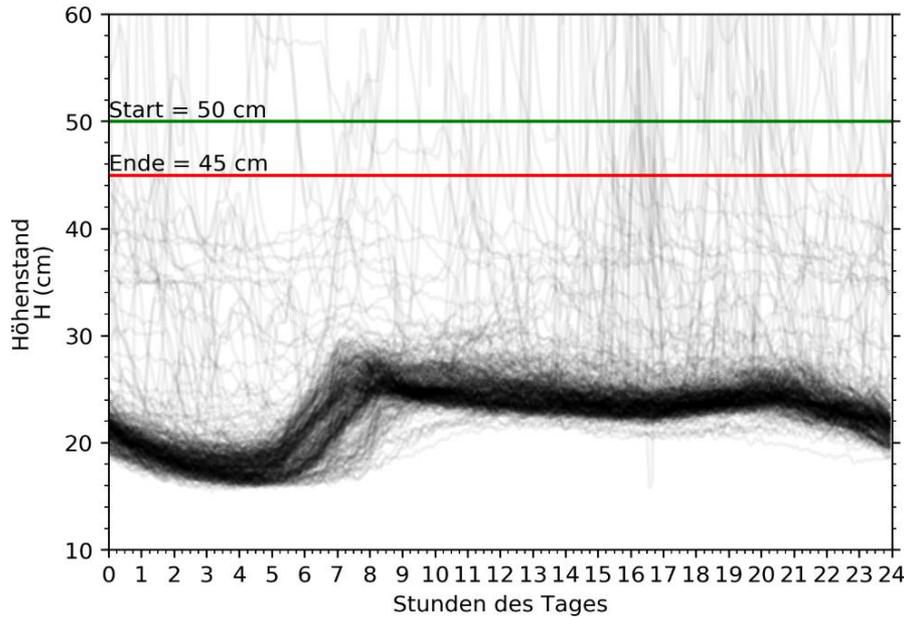


Probenehmer

Probenahmegeräte (PNG):  
Mobile, aktiv gekühlte  
MAXX TP5 C

# TEMPEST UG Süd: Graz – MÜ-R05

## Messstelle Mischwasserkanal (MWK)



Trockenwetterabfluss:

16 ÷ 28 cm

10 ÷ 70 L/s

Mischwasserüberfall:

ab ca. 90 cm

ab ca. 500 L/s

# TEMPEST UG Süd:

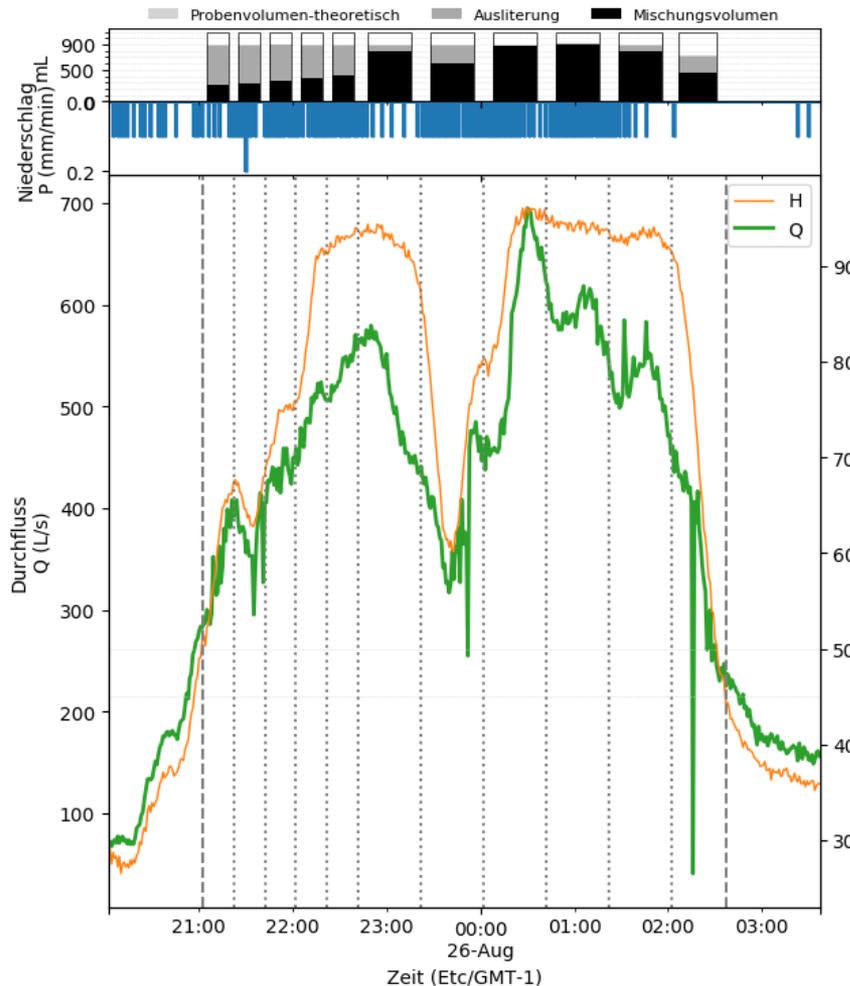
## Probenahme (PN) – Gewählte Methodik

- **Mengenproportionale Ereignis-Probenahme:**  
 Beprobt zeitproportional mit höchst möglichem Intervall (4 min),  
 im Labor nachträglich händisch und volumenproportional gemischt.
  - **NW-Kanal:** Mit 2 PN-Geräten, wovon das erste mit 4 min (8 h lang) und das zweite mit 8 min Intervalle (16 h lang) betrieben werden konnte ( $\Rightarrow \Sigma 24$  h).
  - **MW-Kanal:** Mit 1 PN-Gerät mit Programmverkettung betrieben mit 4 min (4 h lang bis zur 13. PN-Flasche). Ab der 13. PN-Flasche mit 8 min (8 h lang  $\Rightarrow \Sigma 12$  h).
  - Teilprobenvolumen = **180 mL**  
 (5 x 180 mL = 900 mL pro PN-Flasche)
  
- **Herstellung der Jahresmischproben:**  
 Abschätzung des Jahresabflussvolumens und Einfrieren von Ereignisaliquoten entsprechend den Ereignis-Abflussvolumina.

# TEMPEST UG Süd: Probenahme (PN)

## MS-R05-Mischwasser Ereignis 064

(Start: 2018-08-25 21:02) - (Ende: 2018-08-26 02:37)



**Statistik**  
 Theoretisches Gesamt-Probenvolumen (mL): 9720  
 Tatsächliches Gesamt-Probenvolumen (mL): 9540

### Volumen je Flasche (mL): Mischen / PN / SOLL

Flasche 8 (4min): 260 / 880 / 900  
 Flasche 9 (4min): 280 / 875 / 900  
 Flasche 10 (4min): 330 / 890 / 900  
 Flasche 11 (4min): 370 / 880 / 900  
 Flasche 12 (4min): 410 / 880 / 900  
 Flasche 13 (8min): 780 / 875 / 900  
 Flasche 14 (8min): 600 / 880 / 900  
 Flasche 15 (8min): 870 / 870 / 900  
 Flasche 16 (8min): 900 / 920 / 900  
 Flasche 17 (8min): 800 / 880 / 900  
 Flasche 18 (8min): 460 / 710 / 720

%	%-V	m <sup>3</sup>	#
100	4.2	402	8
100	4.7	447	9
100	5.4	519	10
100	6.2	589	11
100	6.7	641	12
100	12.9	1235	13
100	9.9	946	14
100	14.3	1370	15
100	14.8	1417	16
100	13.2	1261	17
80	7.6	725	18

**Probenvolumen - Mischen (mL): 6060**

**Probenvolumen - Einfrieren (abh. von Q<sub>Jahr</sub>) (mL): 1640**

Angenommenes Jahres-Abflussvolumen Q<sub>Jahr</sub> (m<sup>3</sup>): 350000

Angestrebte Jahres-Probenmenge (L): 60

Geschätzter Ereignisanteil am Jahres-Abflussvolumen: 2.73%

**Ereignisdauer (min): 335**

Ereignis-Abflussvolumen (m<sup>3</sup>): 9552

Ereignis-Niederschlag (mm): 15.0

Niederschlagshorizont vor Ereignis (min): 60

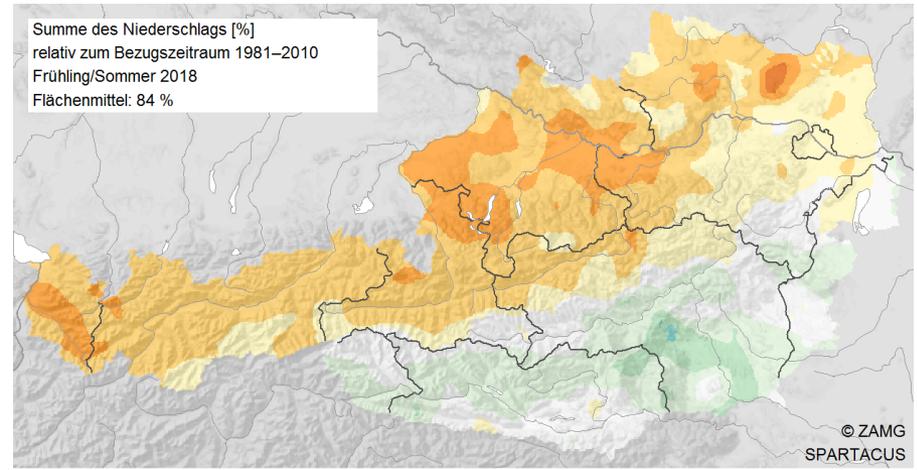
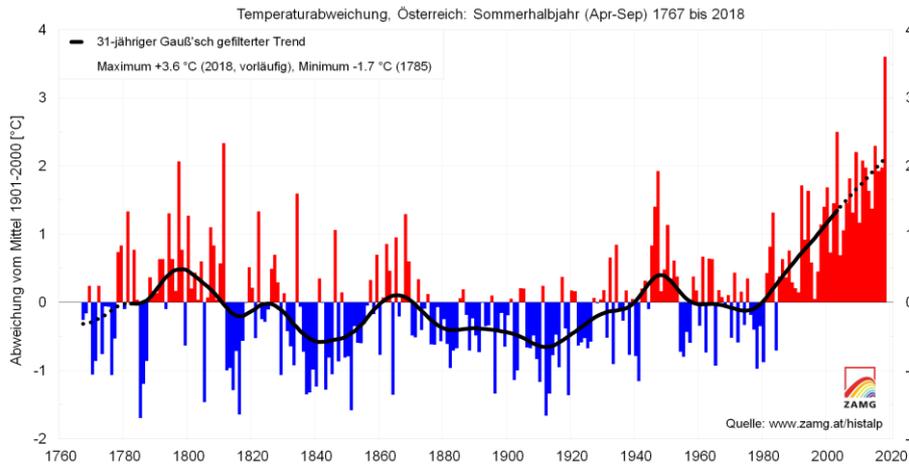
Teilprobenanzahl gesamt (#): 54

Anzahl gefüllter Flaschen (#): 10.8

Verhältnis Q zu P in (m<sup>3</sup>/mm): 637

PN-Intervall (min): 4, 8
Flaschen je Int. (#): 12, 12
TP-Volumen (mL): 180
TP je Flasche (#): 5
PN-Limit-Start (cm): 50
PN-Limit-Ende (cm): 45

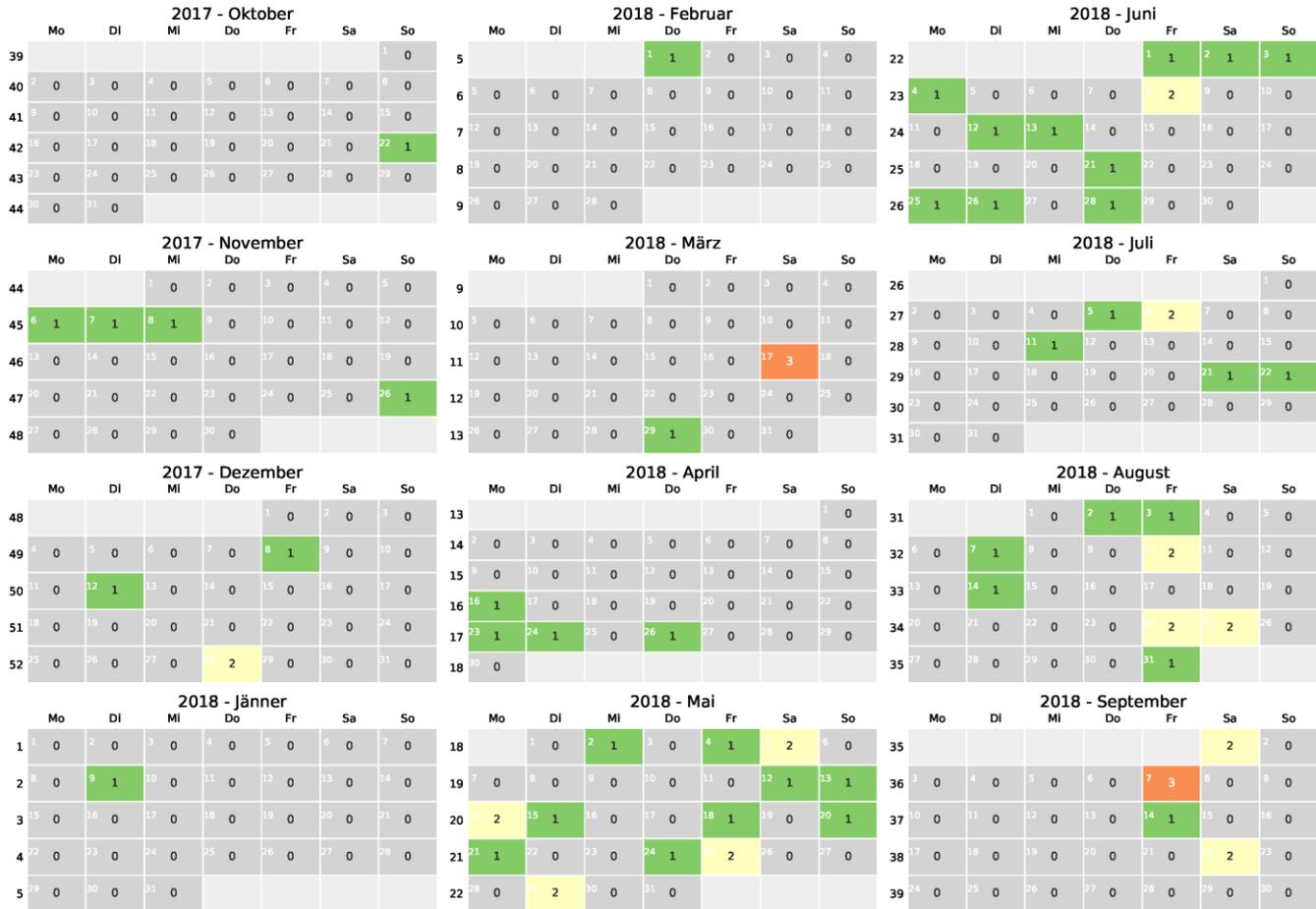
# Das Wetter im TEMPEST-Beprobungsjahr 2018



- Das wärmste Jahr seit Beginn der Aufzeichnungen 1776
- Überdurchschnittlich trocken im Norden
- Überdurchschnittlich nass im Süden

[https://www.ccca.ac.at/fileadmin/00\\_DokumenteHauptmenue/02\\_Klimawissen/Klimastatusbericht/Klimastatusbericht\\_%C3%96\\_2018.pdf](https://www.ccca.ac.at/fileadmin/00_DokumenteHauptmenue/02_Klimawissen/Klimastatusbericht/Klimastatusbericht_%C3%96_2018.pdf) (Letzter Zugriff am 07.09.2019)

# TEMPEST UG Süd: Mischwasserkanal (MWK)

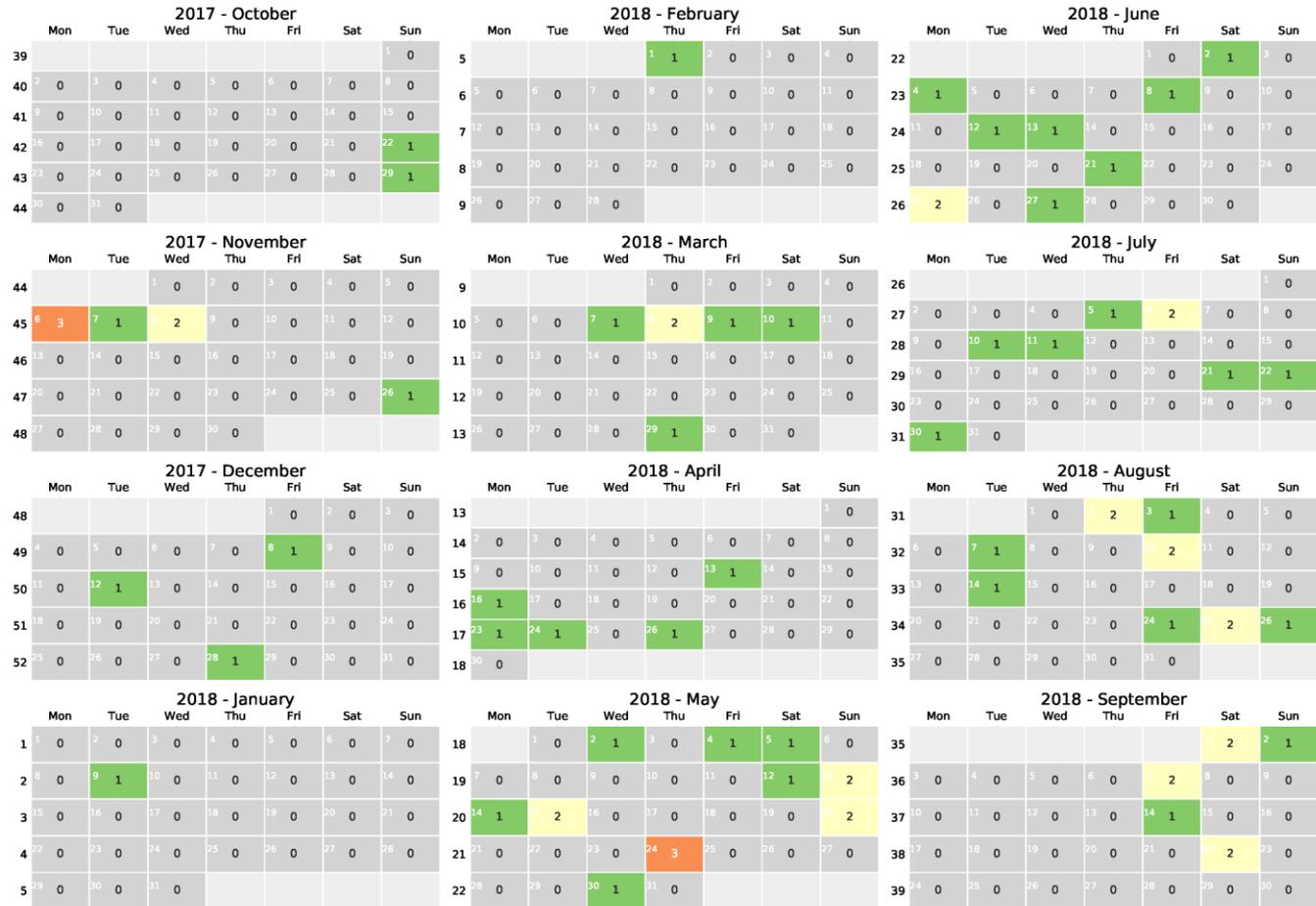


1	1 Ereignis pro d
2	2 Ereignis pro d
3	3 Ereignis pro d

**Probenahmezeitraum:**  
01.10.2017 – 30.09.2018

**Ereignisse: # 73**

# TEMPEST UG Süd: Niederschlagswasserkanal (NWK)



1	1 Ereignis pro d
2	2 Ereignis pro d
3	3 Ereignis pro d

**Probenahmezeitraum:**  
01.10.2017 – 30.09.2018

**Ereignisse: # 76**

# TEMPEST UG Süd

## Datenverfügbarkeit für Q und H (1-Minuten-Werte)

### NWK (Ziegelstraße)

	Q	H
Erste Halbjahresprobe	96,6 %	96,7 %
Zweite Halbjahresprobe	98,1 %	98,1 %
Gesamtprobe	97,2 %	97,3 %

### MWK (MÜ-R05)

	Q	H
Erste Halbjahresprobe	95,0 %	99,0 %
Zweite Halbjahresprobe	99,8 %	97,1 %
Gesamtprobe	96,9 %	98,2 %

- Datenlücken < 20 min wurden mit linear interpolierten Werten aufgefüllt.
- Längere Datenlücken wurden bei Trockenwetter mit statistischen Trockenwettertagesgängen in Abhängigkeit vom Wochentag und von der Jahreszeit aufgefüllt.
- **2 Extremereignisse**, wo die R05-Mischwasserkammer unter Druck ging und daher auch das Q-Messsystem versagte, wurden mit SWMM nachsimuliert und die Datenlücken mit den modellierten Ganglinien aufgefüllt.

# TEMPEST UG Süd: Niederschlagswasserkanal (NWK)

## Beprobte Ereignisse und Abflussvolumina

### # 76 Ereignisse (5 mit Einstau des DN 500)

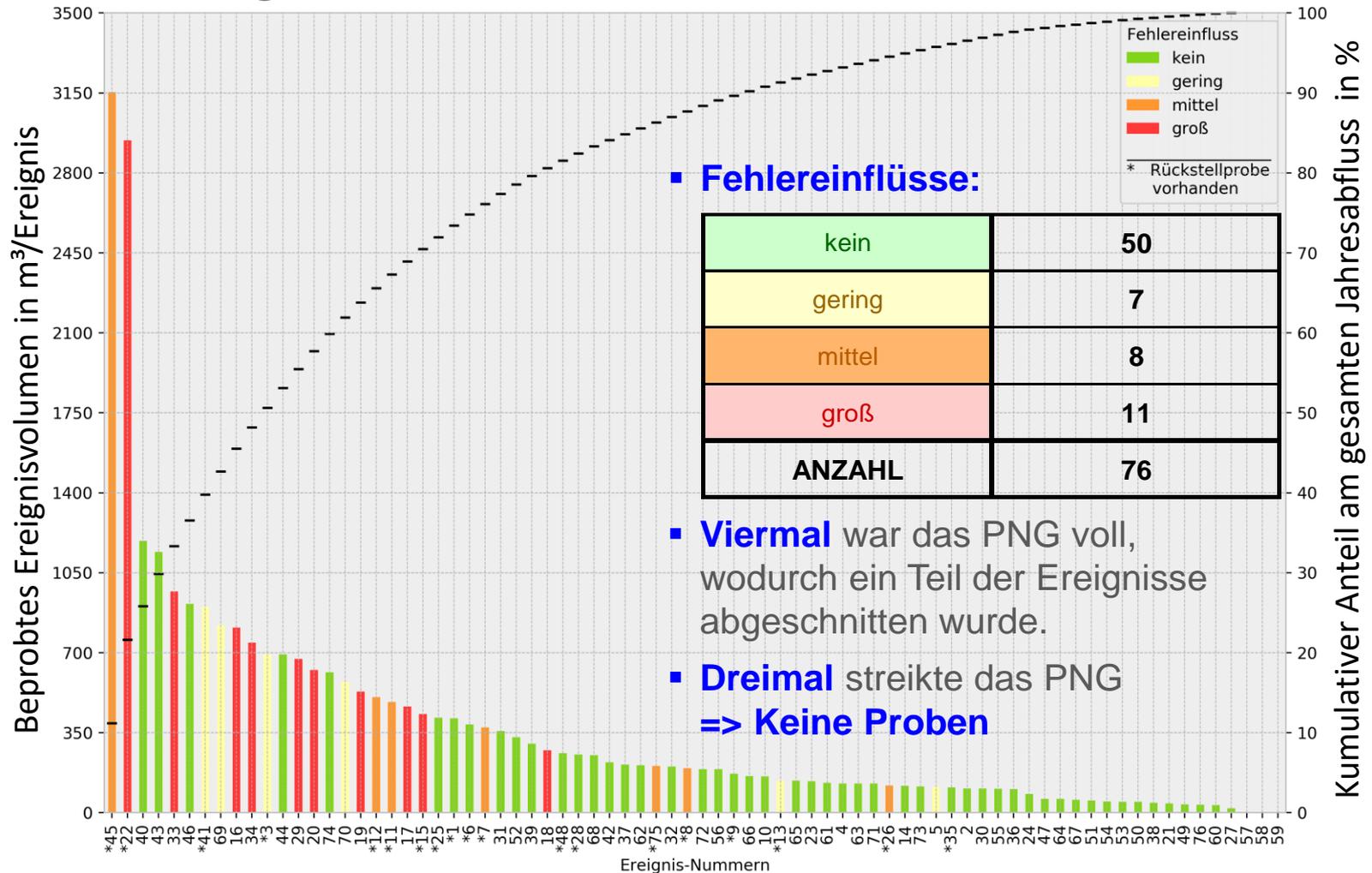
Probenahme- stelle	Abflussvolumen (m <sup>3</sup> /a)					Jahres- niederschlag
	Insgesamt	Trockenwetter	Regenwetter (RW)	RW beprobt	Gesamtes beprobtes V.	
Niederschlagswasser- kanal (NWK)	103.260 m <sup>3</sup> /a	57.424 m <sup>3</sup> /a	45.836 m <sup>3</sup> /a	26.939 m <sup>3</sup> /a	28.289 m <sup>3</sup> /a	779 mm/a
Graz-Ziegelstraße	100 %	56 %	44 %	26 %	27 %	

Abgeschätzt wurden: 50.000 m<sup>3</sup>/a

Kumulierte Jahresmischproben: **34,09 L**

# TEMPEST UG Süd: Niederschlagswasserkanal (NWK)

## Validierung der Probenahme



# TEMPEST UG Süd: Mischwasserkanal (MWK)

## Beprobte Ereignisse und Abflussvolumina

### # 73 Ereignisse (48 mit und 25 ohne einen Überlauf)

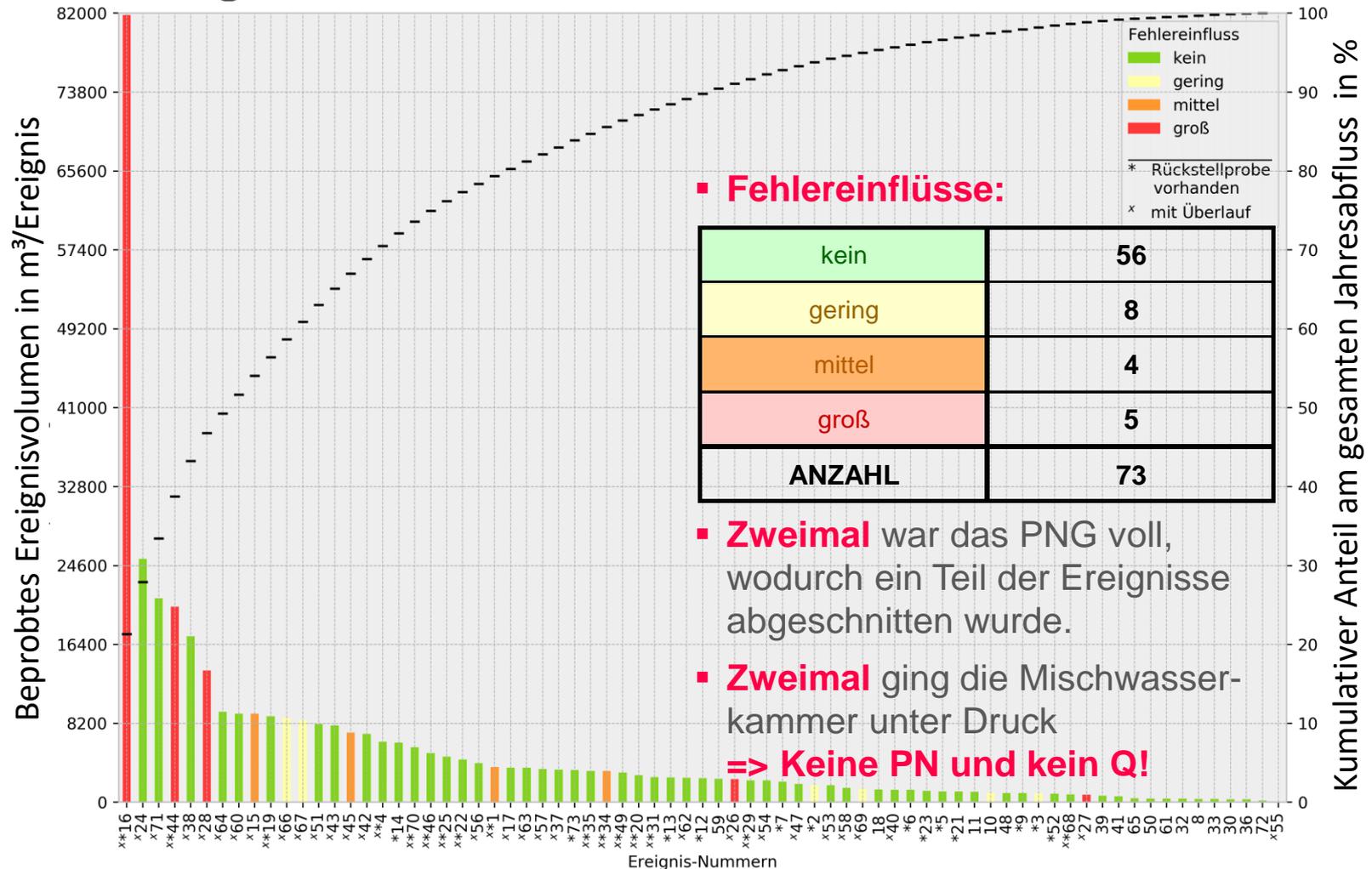
Probenahme- stelle	Abflussvolumen (m <sup>3</sup> /a)					Jahres- niederschlag
	Insgesamt	Trockenwetter	Regenwetter (RW)	RW beprobt	Gesamtes beprobtes V.	
Mischwasserkanal (MWK)	1.854.905 m <sup>3</sup> /a	1.266.563 m <sup>3</sup> /a	588.342 m <sup>3</sup> /a	377.998 m <sup>3</sup> /a	405.540 m <sup>3</sup> /a	926 mm/a
Graz-MÜ-R05	100 %	68 %	32 %	20 %	22 %	

Abgeschätzt wurden: 350.000 m<sup>3</sup>/a

Kumulierte Jahresmischproben: **64,66 L**

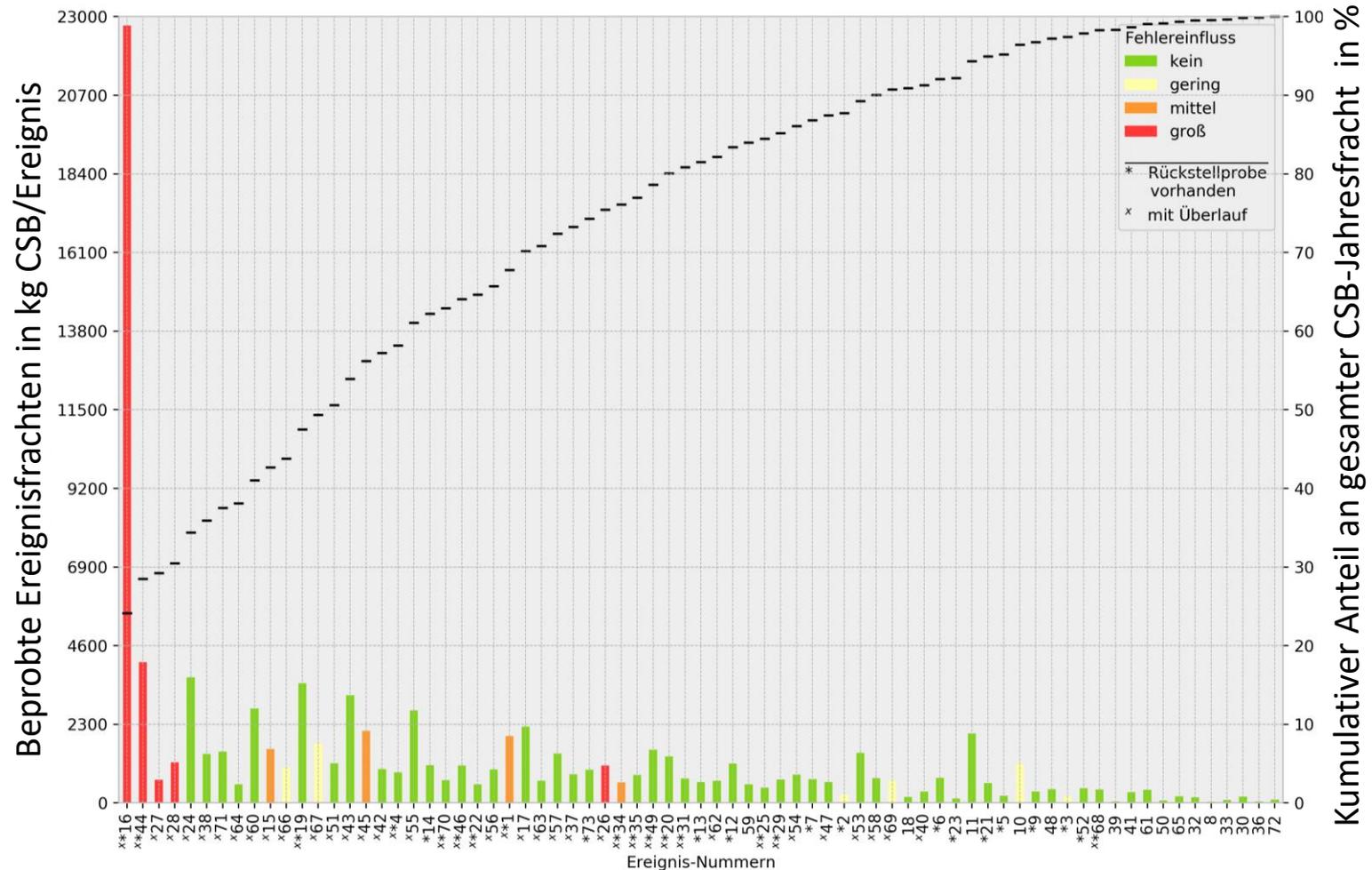
# TEMPEST UG Süd: Mischwasserkanal (MWK)

## Validierung der Probenahme

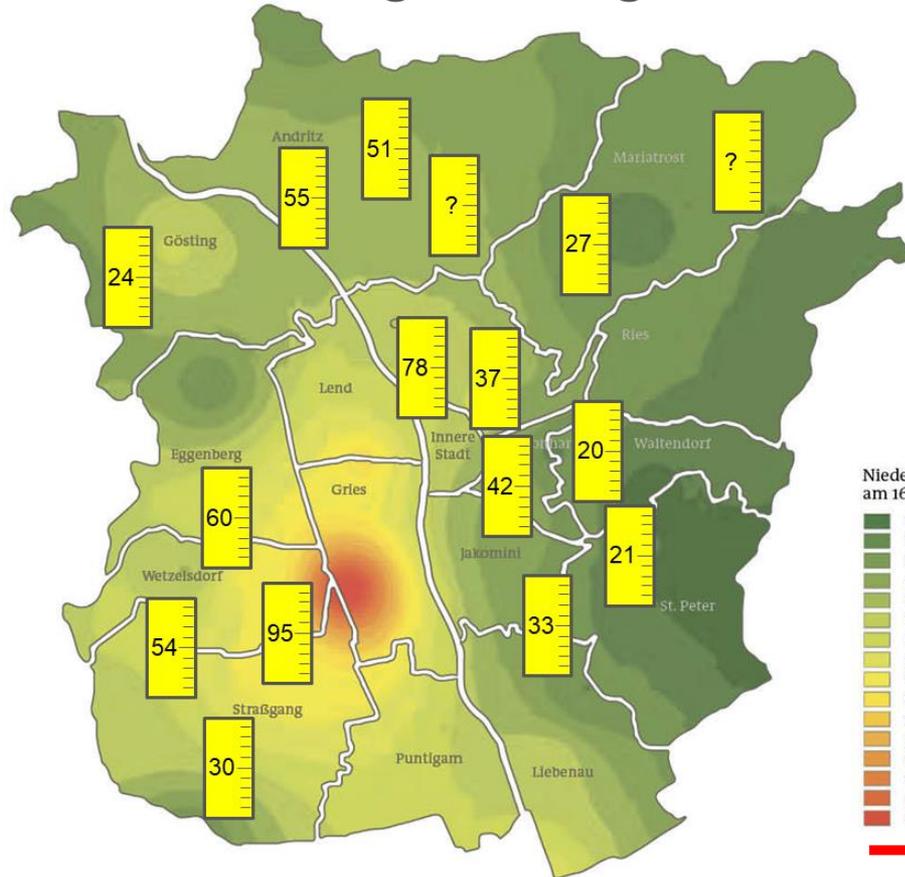


# TEMPEST UG Süd: Mischwasserkanal (MWK)

## Validierung der Probenahme



# TEMPEST UG Süd: Mischwasserkanal (MWK) Das Starkregenereignis vom 16.04.2018 (ID-16 MWK)

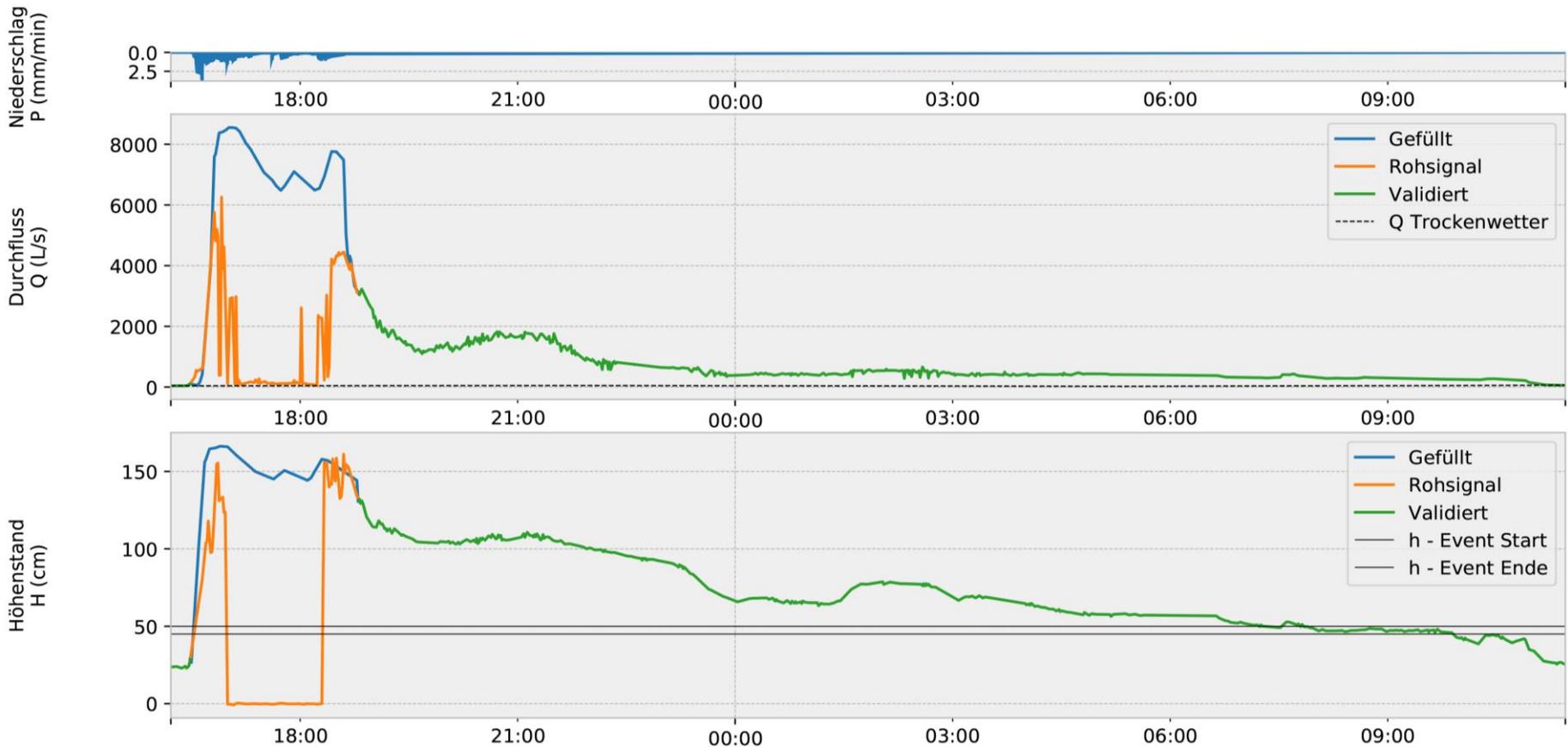


→ Beobachter im Bezirk Gries  
**162 mm in 3 h gemessen**

(Roman MAIER (TUG-SWW) und Meine WOCHEN am 20.06.2018)

# TEMPEST UG Süd: Mischwasserkanal (MWK)

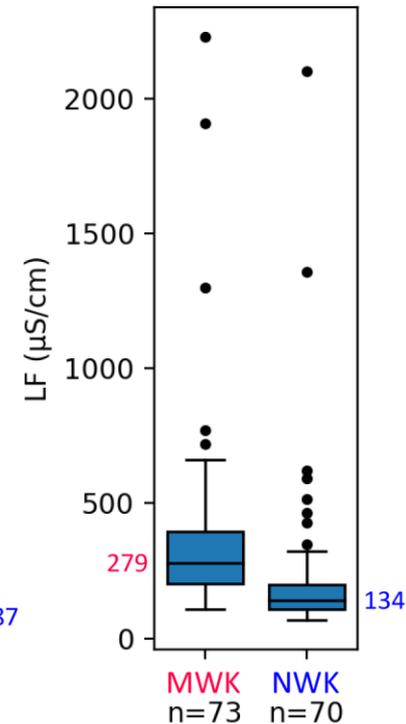
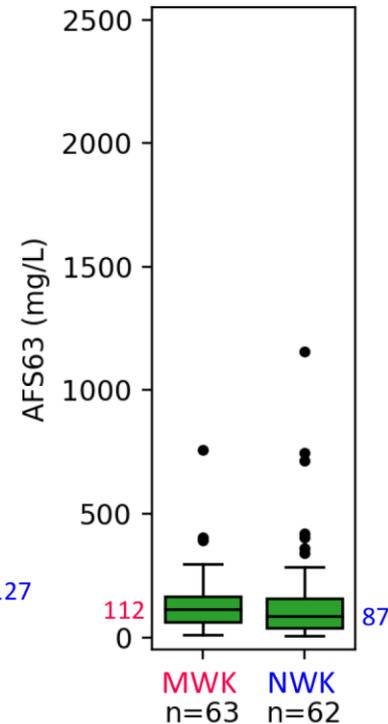
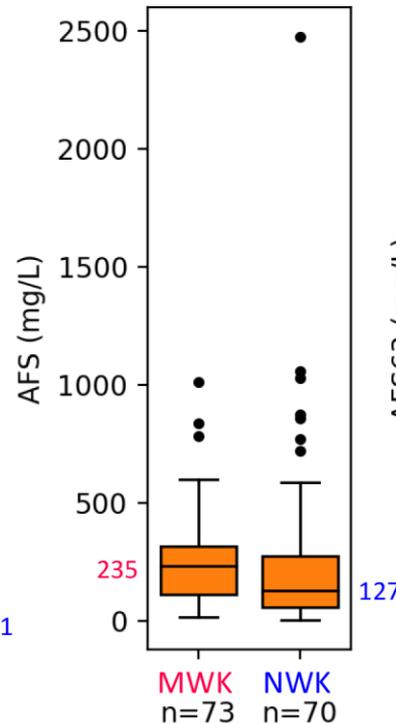
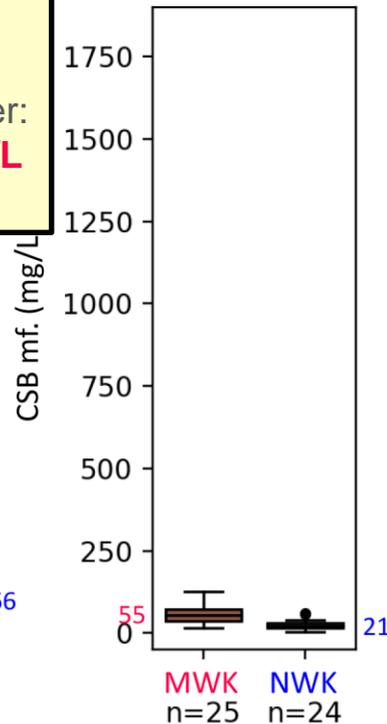
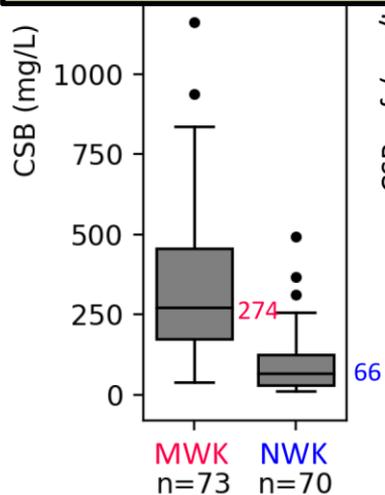
## Das Starkregenereignis vom 16.04.2018 (ID-16 MWK)



# TEMPEST: UG Süd – Messstellen **MWK** und **NWK**

## Ergebnisse für die Abwasser-Standardparameter

47 MÜ-Ereignisse aus 2009 – 2011 mit UV/VIS-Spektrometer:  
Mittelwert = **292 mg/L** (108 – 921 mg/L)



	AFS			AFS63			GV	
	Min	Max	Median	Min	Max	Median	Median	Median
	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	%	%
MWK:	16	1011	235	11	406	112	54	46
NWK:	2	2476	127	5	1157	87	70	22

# Fazit und Lessons Learned

- Insgesamt traten 76 NW- und 73 MW-Ereignisse auf, von denen der Großteil erfolgreich und mengenproportional beprobt werden konnte.
- Gewählte Probenahmestrategie war machbar, aber sehr aufwendig!
- Probleme gab es bei den Starkregenereignissen im Mischwasserkanal,
  - bei der Triggerung der Probenahme (dafür anderen H-Sensor verwenden) und
  - bei den Abflussmessungen (ersatzweise hydrodynamisches Modell verwenden)
- Für sehr lange Ereignisse
  - 2 Probenahmegeräte in Serie schalten oder
  - Programmverkettungen nutzen
- Redundanzen bei den Mess- und Probenahmegeräten vorhalten

# Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit und die Unterstützung!



ZSK Graz, April 2018 (© GG)

Unserem Labor-, Messtechnik- und IT-Team am Institut

Günter GRUBER  
 TU Graz, Institut für Siedlungswasserwirtschaft und Landschaftswasserbau  
 Stremayrgasse 10/  
 8010 Graz, Austria  
 E-Mail: [guenter.gruber@tugraz.at](mailto:guenter.gruber@tugraz.at)

 **Bundesministerium**  
 Nachhaltigkeit und  
 Tourismus



ZSK Graz, September 2018 (© GG)



Aqua Urbanica 2019 (Rigi-Kaltbad)

10.09.2019

Messung von Jahresschmutzfrachten in Kanälen

Günter GRUBER et al.

# Literatur

- Gruber, G.; Winkler, S.; Pressl, A.: (2005). Continuous monitoring in sewer networks an approach for quantification of pollution loads from CSOs into surface water bodies, *Water Science & Technology* 52 (12), 2005, pp 215-223.
- Gruber, G., Bertrand-Krajewski, J.-L., De Beneditis, J., Hochedlinger, M. and Lettl, W. (2006). Practical aspects, experiences and strategies by using UV/VIS sensors for long-term sewer monitoring, *Water Practice & Technology* 001:01 (2006).
- SCHTURM – Spurenstoffemissionen aus Siedlungsgebieten und von Verkehrsflächen (2011 – 2014). Clara, M., Ertl, T., Giselbrecht, G., Gruber, G., Hofer, T., Humer, F., Kretschmer, F., Koll, L., Scheffknecht, C., Weiß, S. und Windhofer, G. (2014): SCHTURM - Spurenstoffemissionen aus Siedlungsgebieten und von Verkehrsflächen. Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft. Wien, Österreich.  
<https://www.bmnt.gv.at/service/publikationen/wasser/Spurenstoffemissionen-aus-Siedlungsgebieten-und-von-Verkehrsflaechen.html> (Letzter Zugriff am 18.08.2019).