

# AQUA URBANICA 2017

**Urbanes Niederschlagswassermanagement im Spannungsfeld zwischen zentralen und dezentralen Maßnahmen**

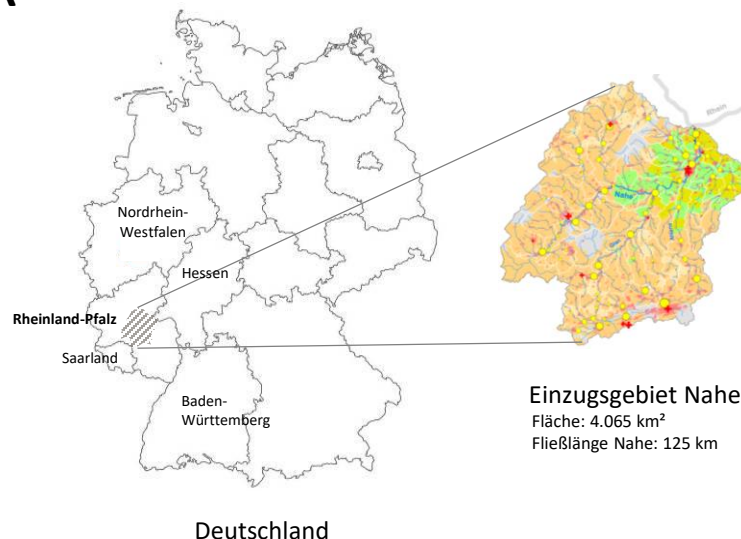
Reduzierung des Eintrags von Mikroschadstoffen in Gewässer aus Abwassersystemen - Stoffflusssimulation verschiedener Maßnahmen

**Dr.-Ing. Henning Knerr**

O. Gretzschel | Y. Taudien | Prof. Dr.-Ing. T.G. Schmitt | Prof. Dr.-Ing. H. Steinmetz | Dr.-Ing. G. Kolisch

# Einleitung

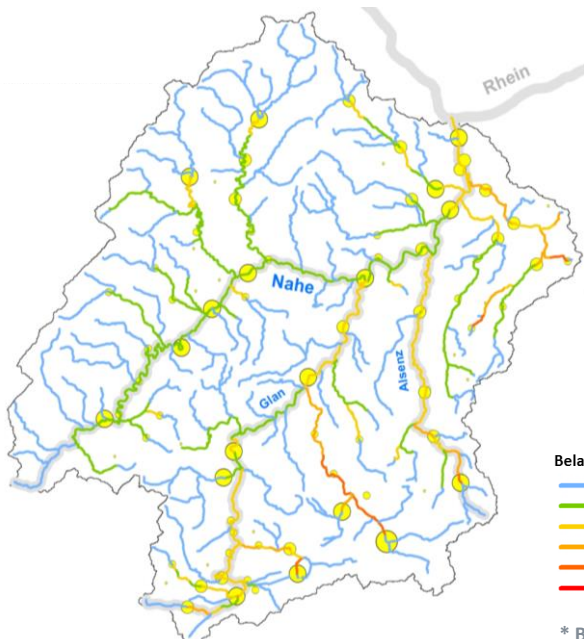
- Im Projekt Mikro\_N (2012-2015) wurden die Gesamtemissionen eines Gewässereinzugsgebietes für ausgewählte Mikroschadstoffe frachtbasiert ermittelt
- Bilanzierung mittels Stoffflussmodel GREAT-ER
- Untersuchung von drei Ausbauszenarien zur Integration 4. Reinigungsstufen auf kommunalen Kläranlagen
- Bewertung der Kosten sowie des gewässer-spezifischen Nutzen



# Einleitung

## Gewässerbelastung Ist-Zustand

bei MQ für Diclofenac



Belastungsfaktor\*

- BF = 0
- BF < 1,0
- $1,0 \leq BF < 2,0$
- $2,0 \leq BF < 4,0$
- $4,0 \leq BF < 10$
- BF ≥ 10

## Gewässerbelastung Ausbauszenarien

bei MQ für Diclofenac



Kläranlagen  
> 100.000 E

Kläranlagen  
> 10.000 E

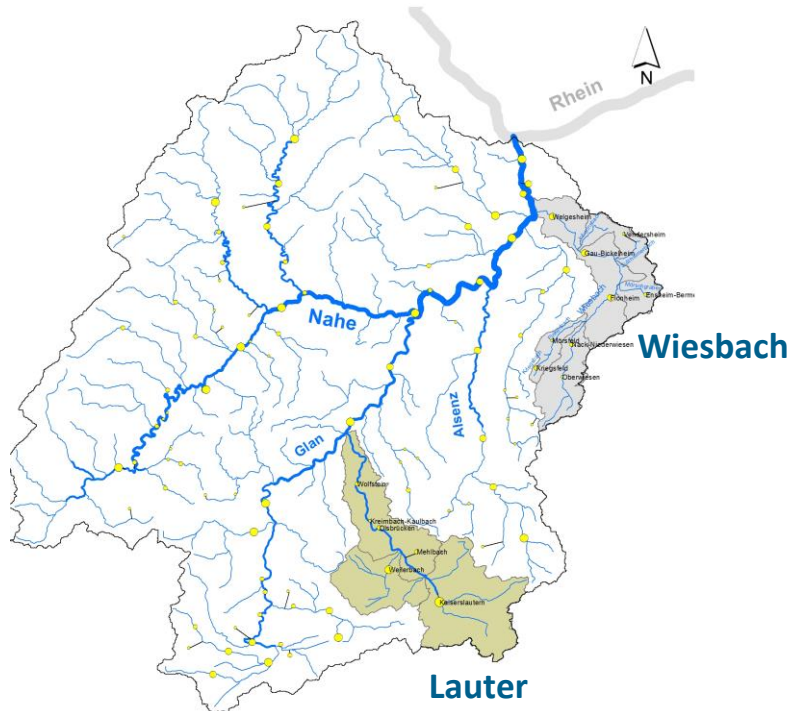
Kläranlagen  
an Belastungs-  
schwerpunkten

\* Belastungsfaktor BF = Simulierte Gewässerkonzentration/Qualitätsziel

# Einleitung

- **Nachrüstung kommunaler Kläranlagen mit einer 4. Reinigungsstufe an solchen Gewässern erfordert Einzelfallprüfung**
  - **Klärung, was für das Gewässer mittels techn. Maßnahmen getan werden kann, um die Gewässerqualität nachhaltig zu verbessern**
  - **Klärung, welche Gewässerqualität mit den derzeit zur Verfügung stehenden techn. Maßnahmen erreicht werden kann**
- **Projekt Mikro-System**
  - Systematische Untersuchung des Nutzen von technischen Maßnahmen bzw. Maßnahmenkombinationen an Fokusgewässern im Einzugsgebiet der Nahe
  - Entwicklung einer zielführenden Strategie zur Minderung der über Abwassersysteme in die Gewässer eingetragenen Mikroschadstoffe mit Bürger- und Betreiberbeteiligung

# Mikro-System Fokusgewässer



## Einzugsgebiet Wiesbach

80 km Fließstrecke  
50 km mit Abwasserbelastung  
30.000 Einw. angeschlossen  
12,6 Mio m<sup>3</sup> Abfluss/a  
74,6 E/(l·s)



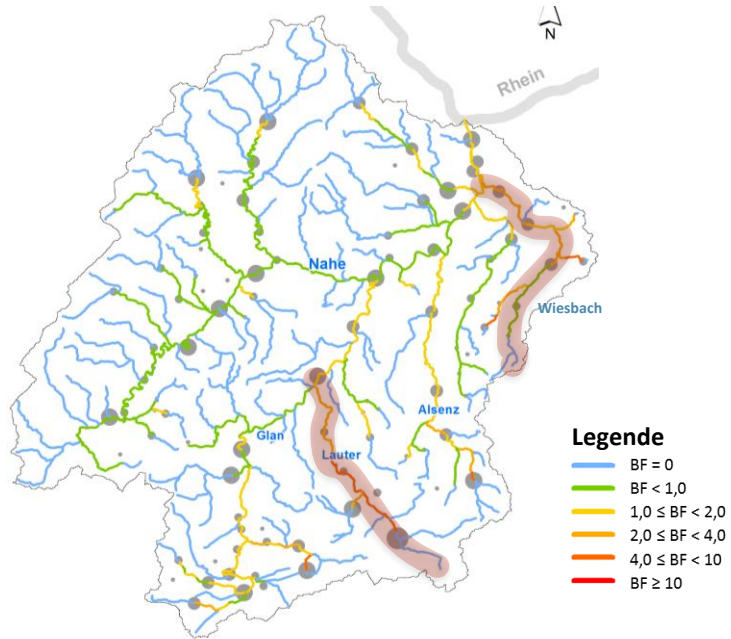
## Einzugsgebiet Lauter

85 km Fließstrecke  
32 km mit Abwasserbelastung  
137.000 Einw. angeschlossen  
63 Mio m<sup>3</sup>/a  
68,4 E/(l·s)

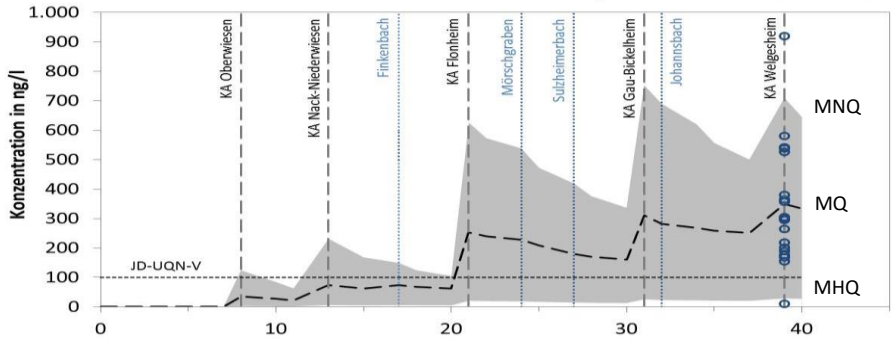


# Ist-Zustand Diclofenac

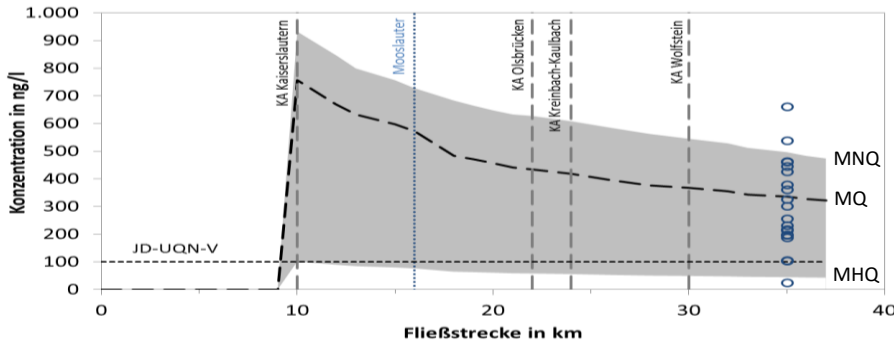
Belastungsfaktor bei MQ  
Qualitätsziel = 0,1 µg/l (JD-UQN-V)



Konzentrationsprofil Diclofenac Wiesbach



Konzentrationsprofil Diclofenac Lauter



# Mikro-System Methodik

- **Vergleichende Simulation verschiedener techn. Maßnahmen bzw. Maßnahmenkombinationen**
  - **Kläranlagen:** Integration 4. Reinigungsstufen an ausgewählten Kläranlagenstandorten
  - **Mischwassereinleitungen:** Retentionsbodenfilter zur Mischwasserbehandlung im Bereich der ausgewählten Kläranlagen
  - **Zentralisierung:** Überleitung des Abwassers kleinerer Kläranlagen zu größeren Kläranlagen im Umfeld der mit 4. Reinigungsstufen ausgestattet Kläranlagen
- **Stoffflussmodel GREAT-ER**
- **Bewertung Nutzen**
  - **Qualitätsbezogen:** Zusätzliche Fließkilometer im Fokus-Gewässersystem < Qualitätsziel
  - **Frachtbezogen:** Reduktion Jahresfracht an Mündung des jeweiligen Hauptgewässers

# Mikro-System Variantenbetrachtung

## Einzugsgebiet Lauter

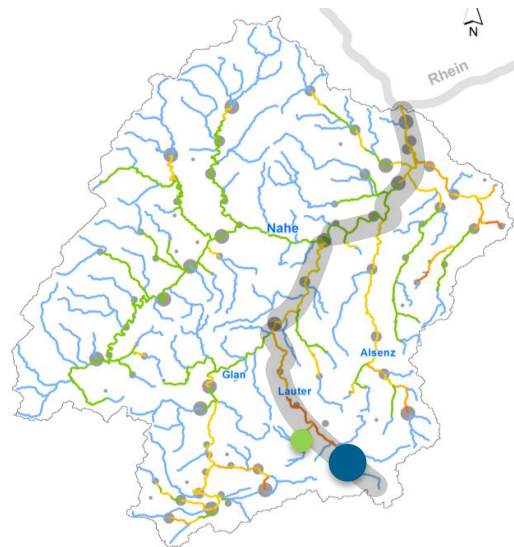
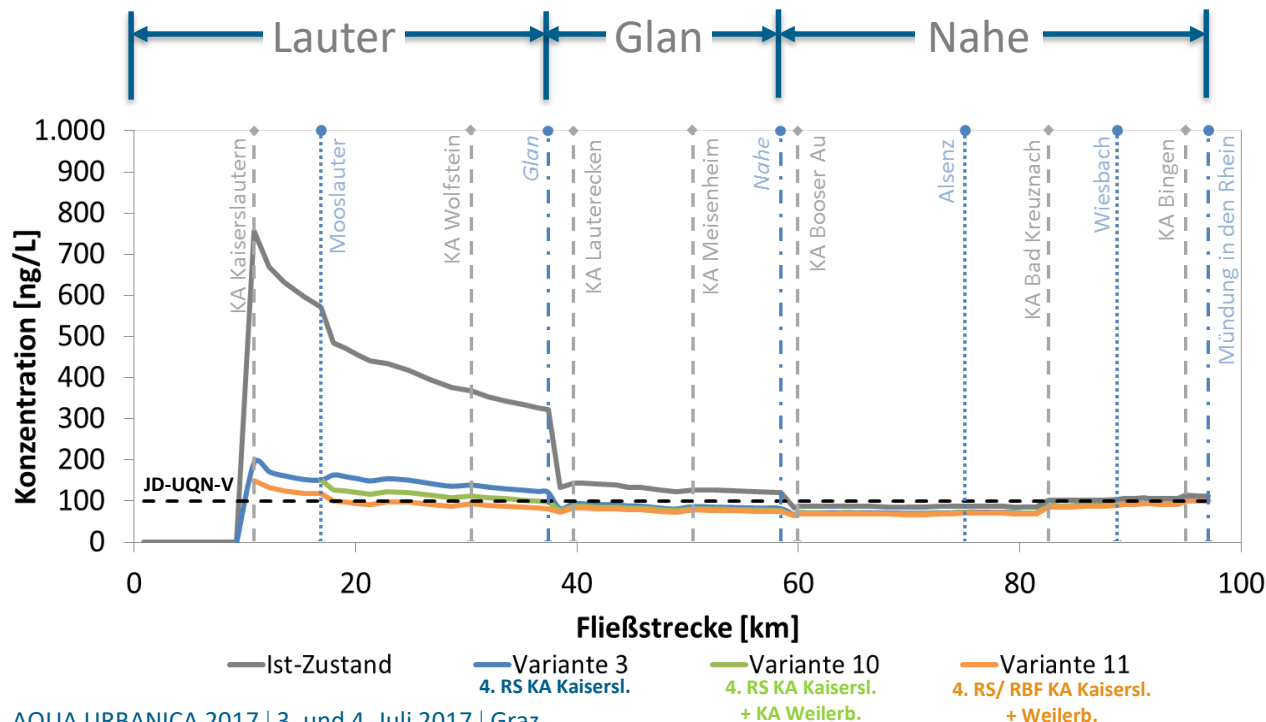
Variante	Abfluss	Kaisers- lautern 210.000 E		Weilerbach 16.500 E		Mehlbach 1.400 E		Olsbrücken 1.300 E	
		KA	MWE	KA	MWE	KA	MWE	KA	MWE
Ist	MQ	-	-	-	-	-	-	-	-
	MNQ	-	-	-	-	-	-	-	-
3	MQ	4.RS	-	-	-	-	-	-	-
4	MQ	4.RS	RBF	-	-	-	-	-	-
5	MQ	-	-	4.RS	-	-	-	-	-
6	MQ	-	-	4.RS	RBF	-	-	-	-
7	MQ	-	-	4.RS	RBF	ÜL	-	-	-
8	MQ	-	-	4.RS	RBF	-	-	ÜL	-
9	MQ	-	-	4.RS	RBF	ÜL	-	ÜL	-
10	MQ	4.RS	-	4.RS	-	-	-	-	-
11	MQ	4.RS	RBF	4.RS	RBF	-	-	-	-
12	MQ	4.RS	RBF	4.RS	RBF	ÜL	-	ÜL	-
13	MNQ	4.RS	-	-	-	-	-	-	-
14	MNQ	-	-	4.RS	-	-	-	-	-
15	MNQ	4.RS	-	4.RS	-	-	-	-	-

## Einzugsgebiet Wiesbach

Variante	Abfluss	Gau- Bickelheim 13.000 E		Flonheim 14.500 E		Ensheim 3.600 E		Nack- Niederwiesen 1.300 E	
		KA	MWE	KA	MWE	KA	MWE	KA	MWE
Ist	MQ	-	-	-	-	-	-	-	-
	MNQ	-	-	-	-	-	-	-	-
3	MQ	4.RS	-	-	-	-	-	-	-
4	MQ	4.RS	RBF	-	-	-	-	-	-
5	MQ	-	-	4.RS	-	-	-	-	-
6	MQ	-	-	4.RS	RBF	-	-	-	-
7	MQ	-	-	4.RS	RBF	-	-	ÜL	-
8	MQ	-	-	4.RS	RBF	ÜL	-	-	-
9	MQ	-	-	4.RS	RBF	ÜL	-	ÜL	-
10	MQ	4.RS	-	4.RS	-	-	-	-	-
11	MQ	4.RS	RBF	4.RS	RBF	-	-	-	-
12	MQ	4.RS	RBF	4.RS	RBF	ÜL	-	ÜL	-
13	MNQ	4.RS	-	-	-	-	-	-	-
14	MNQ	-	-	4.RS	-	-	-	-	-
15	MNQ	4.RS	-	4.RS	-	-	-	-	-



# Ergebnisse Lauter-Glan-Nahe bei MQ für Diclofenac



# Variantenvergleich $BF$ - Diclofenac mit Qualitätsziel = $0,1 \mu\text{g/l}$

Lauter

Variante	Ist		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Abfluss	MQ	MNQ	MQ	MQ	MQ	MQ	MQ	MQ	MQ	MQ	MQ	MQ	MNQ	MNQ	MNQ
Kaisersl.			4.RS	4.RS						4.RS	4.RS	4.RS	4.RS		
Weilerbach					4.RS	4.RS	4.RS	4.RS	4.RS	4.RS	4.RS	4.RS		4.RS	4.RS
Mehlbach							ÜL	ÜL	ÜL			ÜL			
Olsbrücken															
MWE				RBF		RBF	RBF	RBF	RBF		RBF	RBF			
km 1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
km 3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
km 4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
km 6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
km 8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
km 9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
km 11	7,6	9,3	1,9	1,5	7,6	7,6	7,6	7,6	7,6	1,9	1,5	1,5	1,4	9,3	1,4
km 12	6,7	8,5	1,7	1,3	6,7	6,7	6,7	6,7	6,7	1,7	1,3	1,3	1,3	8,5	1,3
km 14	6,3	8,0	1,6	1,2	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	1,6	1,2	1,2	1,2	8,0	1,2
km 15	6,0	7,6	1,5	1,2	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	1,5	1,2	1,2	1,1	7,6	1,1
km 17	5,7	7,3	1,5	1,2	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7	1,5	1,2	1,1	1,2	7,3	1,2
km 18	4,8	6,8	1,6	1,4	4,5	4,4	4,4	4,5	4,4	1,3	1,0	1,0	1,6	6,3	1,1
km 19	4,7	6,6	1,6	1,4	4,4	4,3	4,3	4,3	4,3	1,2	1,0	1,0	1,6	6,1	1,1
km 20	4,6	6,5	1,5	1,3	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	1,2	0,9	0,9	1,6	5,9	1,0
km 21	4,4	6,3	1,5	1,3	4,1	4,0	4,0	4,1	4,0	1,2	0,9	0,9	1,5	5,8	1,0
km 23	4,3	6,3	1,5	1,3	4,0	4,0	4,0	3,9	3,9	1,2	1,0	0,9	1,6	5,8	1,1
km 25	4,2	6,1	1,5	1,3	3,9	3,9	3,8	3,8	3,7	1,2	1,0	0,9	1,6	5,6	1,2
km 27	4,0	5,8	1,4	1,2	3,7	3,6	3,6	3,6	3,5	1,1	0,9	0,8	1,6	5,4	1,1
km 29	3,8	5,6	1,4	1,2	3,5	3,5	3,4	3,4	3,4	1,1	0,9	0,8	1,5	5,2	1,1
km 30	3,7	5,4	1,4	1,2	3,4	3,4	3,4	3,3	3,3	1,1	0,9	0,8	1,6	5,0	1,2
km 32	3,5	5,3	1,3	1,2	3,3	3,3	3,2	3,2	3,2	1,1	0,9	0,8	1,5	4,9	1,1
km 34	3,4	5,1	1,3	1,1	3,2	3,2	3,1	3,1	3,1	1,1	0,9	0,8	1,5	4,7	1,1
km 35	3,4	5,0	1,3	1,1	3,1	3,1	3,1	3,0	3,0	1,0	0,8	0,8	1,4	4,6	1,1
km 36	3,3	4,8	1,2	1,1	3,0	3,0	3,0	3,0	2,9	1,0	0,8	0,7	1,4	4,5	1,0
km 37	3,2	4,7	1,2	1,1	3,0	3,0	2,9	2,9	2,9	1,0	0,8	0,7	1,4	4,4	1,0

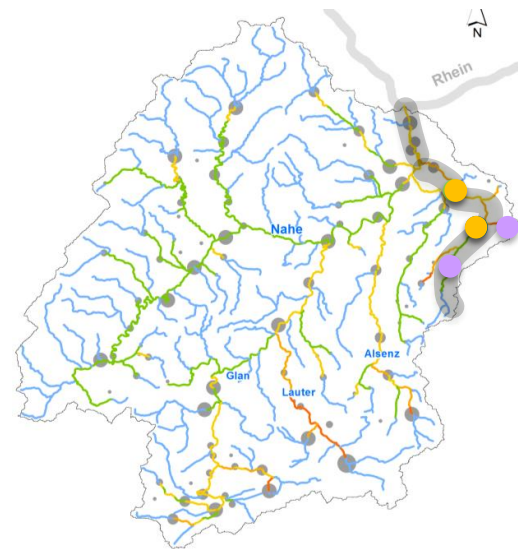
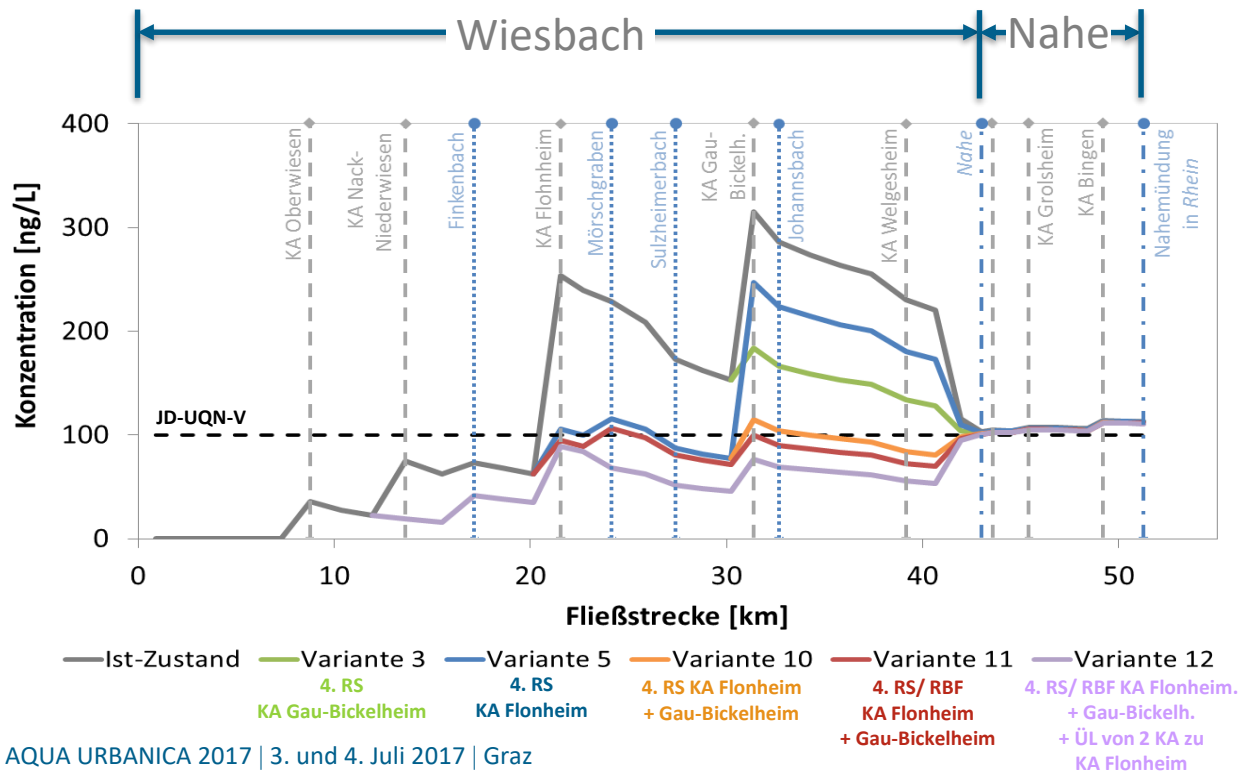
$$BF = \frac{\text{Simulierte Konzentration}}{\text{Qualitätsziel}}$$

Legende

- $BF = 0$
- $BF < 1,0$
- $1,0 \leq BF < 2,0$
- $2,0 \leq BF < 4,0$
- $4,0 \leq BF < 10$
- $BF \geq 10$

- ← KA Kaiserslautern
- ← KA Mehlbach
- ← Mooslauter (KA Weilerbach)
- ← KA Olsbrücken
- ← KA Kreimbach-Kaulbach
- ← KA Wolfstein
- ← Mündung in den Glan

# Ergebnisse Wiesbach-Nahe bei MQ für Diclofenac



# Variantenvergleich BF - Diclofenac mit Qualitätsziel = 0,1 µg/l

## Wiesbach

Variante	Ist		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Abfluss	MQ	MNQ	MQ	MQ	MQ	MQ	MQ	MQ	MQ	MQ	MQ	MQ	MNQ	MNQ	MNQ
Gau-Bickelh.			4.RS	4.RS						4.RS	4.RS	4.RS	4.RS		4.RS
Flonheim					4.RS	4.RS	4.RS	4.RS	4.RS	4.RS	4.RS	4.RS		4.RS	4.RS
Ensheim							ÜL	ÜL	ÜL	ÜL	ÜL	ÜL			
Nack-Nied.							RBF	RBF	RBF		RBF	RBF			
MWE				RBF											
km 1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
km 3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
km 4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
km 6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
km 7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
km 9	0,4	1,2	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	1,2	1,2	1,2
km 10	0,3	0,8	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,8	0,8	0,8
km 12	0,2	0,6	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,6	0,6	0,6
km 14	0,7	2,3	0,7	0,7	0,7	0,7	0,2	0,2	0,2	0,7	0,7	0,2	2,3	2,3	2,3
km 15	0,6	1,7	0,6	0,6	0,6	0,6	0,2	0,2	0,2	0,6	0,6	0,2	1,7	1,7	1,7
km 17	0,7	1,5	0,7	0,7	0,7	0,7	0,4	0,4	0,4	0,7	0,7	0,4	1,5	1,5	1,5
km 19	0,7	1,2	0,7	0,7	0,7	0,7	0,4	0,4	0,4	0,7	0,7	0,4	1,2	1,2	1,2
km 20	0,6	1,0	0,6	0,6	0,6	0,6	0,4	0,4	0,4	0,6	0,6	0,4	1,0	1,0	1,0
km 22	2,5	6,3	2,5	2,5	1,1	0,9	0,8	0,8	0,9	1,1	0,9	0,9	6,3	1,6	1,6
km 23	2,4	5,7	2,4	2,4	1,0	0,9	0,7	0,7	0,8	1,0	0,9	0,8	5,7	1,5	1,5
km 24	2,3	5,4	2,3	2,3	1,2	1,1	0,9	0,9	0,7	1,2	1,1	0,7	5,4	1,8	1,8
km 26	2,1	4,7	2,1	2,1	1,1	1,0	0,9	0,9	0,6	1,1	1,0	0,6	4,7	1,6	1,6
km 27	1,7	4,1	1,7	1,7	0,9	0,8	0,7	0,7	0,5	0,9	0,8	0,5	4,1	1,4	1,4
km 29	1,6	3,7	1,6	1,6	0,8	0,8	0,7	0,7	0,5	0,8	0,8	0,5	3,7	1,2	1,2
km 30	1,5	3,3	1,5	1,5	0,8	0,7	0,6	0,6	0,5	0,8	0,7	0,5	3,3	1,1	1,1
km 31	3,2	7,8	1,7	1,7	2,5	2,4	2,3	2,3	2,2	1,2	1,0	0,8	3,2	6,2	1,6
km 33	2,9	7,2	1,6	1,6	2,2	2,2	2,1	2,1	2,0	1,0	0,9	0,7	2,9	5,7	1,5
km 34	2,7	6,4	1,5	1,5	2,1	2,1	2,0	2,0	1,9	1,0	0,9	0,7	2,6	5,1	1,3
km 36	2,6	5,8	1,4	1,4	2,1	2,0	2,0	2,0	1,8	1,0	0,8	0,6	2,3	4,6	1,2
km 37	2,6	5,2	1,4	1,4	2,0	2,0	1,9	1,9	1,8	0,9	0,8	0,6	2,1	4,2	1,1
km 39	2,3	3,9	1,3	1,3	1,8	1,8	1,7	1,7	1,6	0,8	0,7	0,6	1,6	3,1	0,8
km 41	2,2	3,5	1,2	1,2	1,7	1,7	1,6	1,6	1,5	0,8	0,7	0,5	1,4	2,8	0,7
km 42	1,2	2,8	1,0	1,0	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,0	1,0	0,9	2,4	2,7	2,2

BF =  $\frac{\text{Simulierte Konzentration}}{\text{Qualitätsziel}}$

### Legende

- BF = 0
- BF < 1,0
- 1,0 ≤ BF < 2,0
- 2,0 ≤ BF < 4,0
- 4,0 ≤ BF < 10
- BF ≥ 10

- ← KA Oberwiesen
- ← KA Nack-Niederwiesen
- ← Finkenbach
- ← KA Flonheim
- ← Mörschgraben (KA Ensheim)
- ← Sulzheimer Bach
- ← KA Gau-Bickelheim
- ← KA Welgesheim
- ← Mündung in die Nahe

# Variantenvergleich Nutzen - Diclofenac mit Qualitätsziel = 0,1 µg/l

## Einzugsgebiet Lauter

Variante	Abfluss	Kaiserslautern 210.000 E		Weilerbach 16.500 E		Mehlbach 1.400 E		Olsbrücken 1.300 E		Nutzen	
		KA	MWE	KA	MWE	KA	MWE	KA	MWE	+ km BF < 1	- kg/a
Ist	MQ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	MNQ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	MQ	4.RS	-	-	-	-	-	-	-	0,0	10,2
4	MQ	4.RS	RBF	-	-	-	-	-	-	0,0	11,0
5	MQ	-	-	4.RS	-	-	-	-	-	2,8	1,2
6	MQ	-	-	4.RS	RBF	-	-	-	-	2,8	1,2
7	MQ	-	-	4.RS	RBF	ÜL	-	-	-	2,8	1,4
8	MQ	-	-	4.RS	RBF	-	-	ÜL	-	2,8	1,6
9	MQ	-	-	4.RS	RBF	ÜL	-	ÜL	-	2,8	1,7
10	MQ	4.RS	-	4.RS	-	-	-	-	-	6,2	11,3
11	MQ	4.RS	RBF	4.RS	RBF	-	-	-	-	24,2	12,2
12	MQ	4.RS	RBF	4.RS	RBF	ÜL	-	ÜL	-	24,9	12,7
13	MNQ	4.RS	-	-	-	-	-	-	-	1,6	5,2
14	MNQ	-	-	4.RS	-	-	-	-	-	2,8	0,6
15	MNQ	4.RS	-	4.RS	-	-	-	-	-	3,7	5,8

## Einzugsgebiet Wiesbach

Variante	Abfluss	Gau-Bickelheim 13.000 E		Flonheim 14.500 E		Ensheim 3.600 E		Nack-Niederw. 1.300 E		Nutzen	
		KA	MWE	KA	MWE	KA	MWE	KA	MWE	+ km BF < 1	- kg/a
Ist	MQ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	MNQ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	MQ	4.RS	-	-	-	-	-	-	-	0,0	1,1
4	MQ	4.RS	RBF	-	-	-	-	-	-	0,0	1,2
5	MQ	-	-	4.RS	-	-	-	-	-	5,4	0,6
6	MQ	-	-	4.RS	RBF	-	-	-	-	8,2	0,6
7	MQ	-	-	4.RS	RBF	-	-	ÜL	-	10,0	0,7
8	MQ	-	-	4.RS	RBF	ÜL	-	-	-	10,0	0,7
9	MQ	-	-	4.RS	RBF	ÜL	-	ÜL	-	14,2	0,8
10	MQ	4.RS	-	4.RS	-	-	-	-	-	14,6	1,7
11	MQ	4.RS	RBF	4.RS	RBF	-	-	-	-	20,0	1,8
12	MQ	4.RS	RBF	4.RS	RBF	ÜL	-	ÜL	-	26,0	2,0
13	MNQ	4.RS	-	-	-	-	-	-	-	0,0	0,7
14	MNQ	-	-	4.RS	-	-	-	-	-	0,0	0,2
15	MNQ	4.RS	-	4.RS	-	-	-	-	-	3,0	1,0

# Schlussfolgerungen & Ausblick

- **Zentrale Maßnahmen auf kommunalen Kläranlagen können effizient und kurz- bis mittelfristig zur Reduktion der aus Abwassersystemen emittierten Mikroschadstofffrachten beitragen**
  - Ziele können jedoch nicht in jedem Fall erreicht werden
  - Handlungsbedarf im Bereich quellenorientierende Vorsorgemaßnahmen
- **Zielführende Strategie zur Minderung der über Abwassersysteme in die Gewässer eingetragenen Mikroschadstoffe erfordert daher breitgefächerte Bestrebungen, die nachgeschaltete Maßnahmen ebenso wie quellenorientierte Maßnahmen beinhalten**
- **Erfordernis der Einbindung der Beteiligten**
- ➔ **Entwicklung von Ansätzen, wie Betreiber sowie Bürgerinnen und Bürger in den Auswahl- bzw. Entscheidungsprozess zur Realisierung technischer Maßnahmen integriert werden können**

# Vielen Dank

... für die Förderung



... und für ihre Aufmerksamkeit!

Dr.-Ing. Henning Knerr - [henning.knerr@bauing.uni-kl.de](mailto:henning.knerr@bauing.uni-kl.de)