

# Bewertung der urbanen Gewässereinträge und Möglichkeiten der Eintragsminderung

**Institut für Siedlungswasserwirtschaft der RWTH Aachen University**

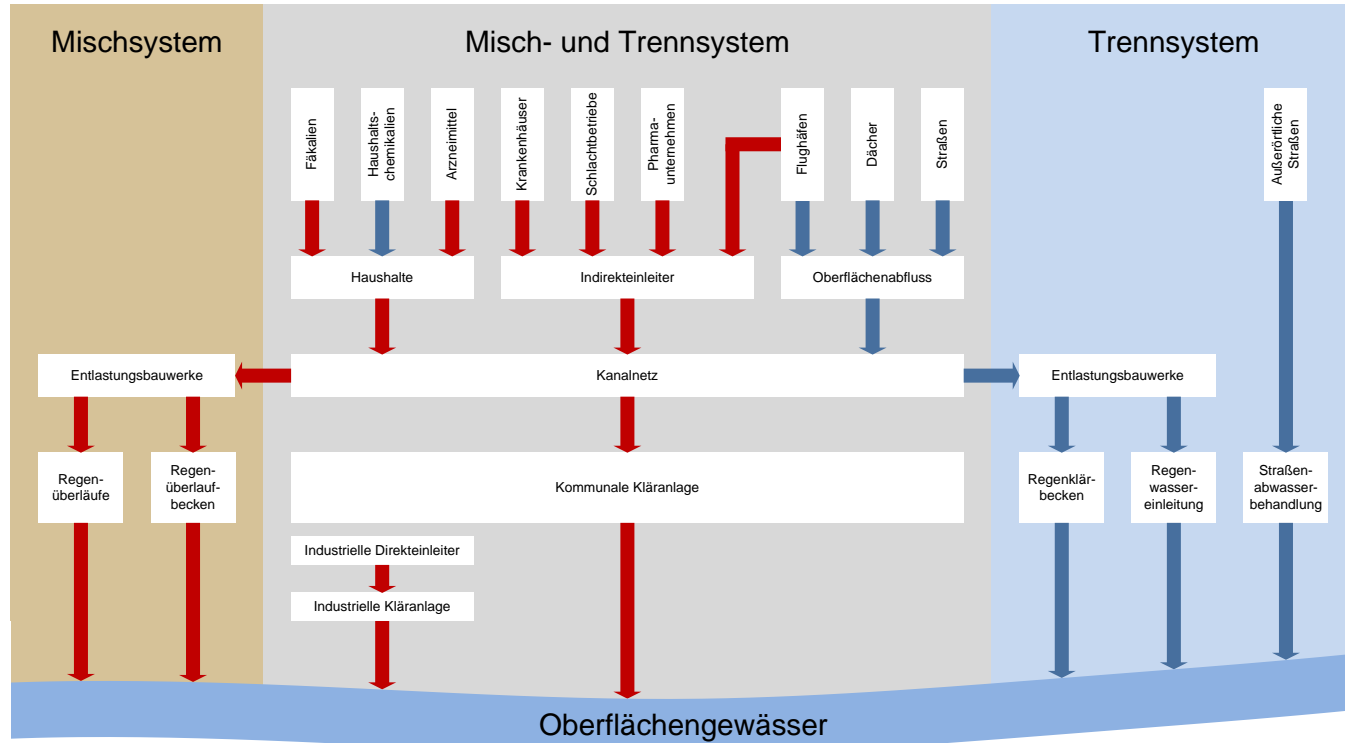
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Johannes Pinnekamp

Julian Firk, M.Sc.

Peter Schleiffer, M.Sc.

- ❖ Urbane Einträge in Oberflächengewässer
- ❖ Aufbau und Ziele der Frachtmodellierung
- ❖ Frachtbilanzierung von Einträgen ins Kanalnetz
- ❖ Frachtbilanzierung von Einträgen ins Oberflächengewässer
- ❖ Maßnahmen zur Eintragsminderung
- ❖ Fazit

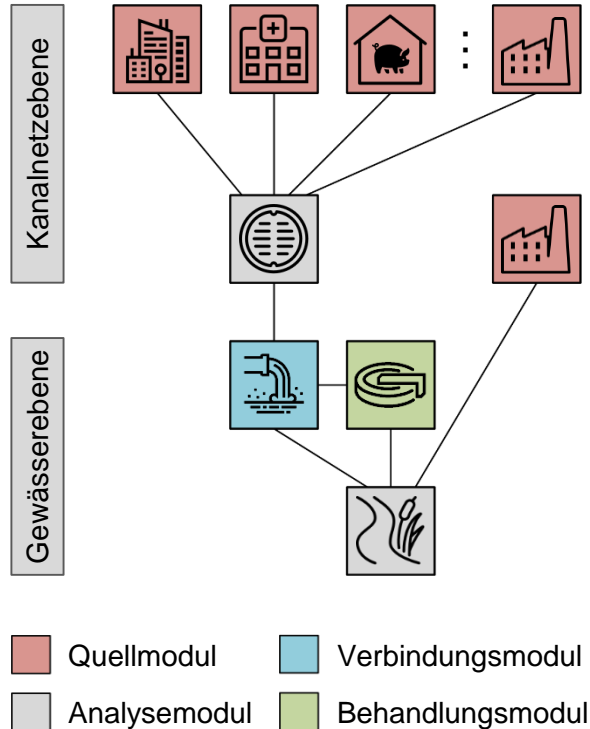
# Urbane Einträge in Oberflächengewässer



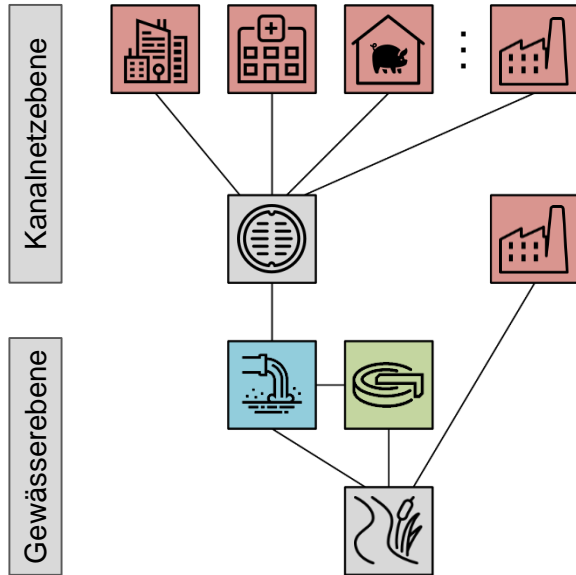
Red arrow: Potentiell relevant; Blue arrow: Potentiell weniger relevant

- ❖ 9.105 Kläranlagen in Deutschland reinigen ca. 10 Mrd. m<sup>3</sup> Abwasser jährlich
  - ca. 50% Schmutzwasser, 50% Fremd- und Niederschlagswasser
- ❖ Anteil Mischsystem an der Gesamtkanalisation: 54%
- ❖ 45.500 Mischwassereinleitungsstellen
  - 25.100 Regenüberläufe
  - 20.400 Regenüberlaufbecken/Stauraumkanäle
- ❖ Nicht in Kläranlagen behandelte Schmutzwassermenge: ~1%

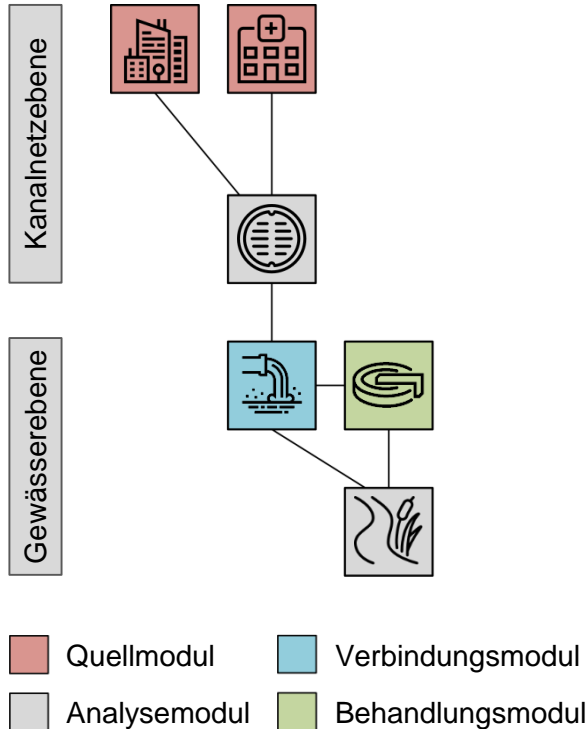
- ❖ Urbane Einträge in Oberflächengewässer
- ❖ Aufbau und Ziele der Frachtmodellierung
- ❖ Frachtbilanzierung von Einträgen ins Kanalnetz
- ❖ Frachtbilanzierung von Einträgen ins Oberflächengewässer
- ❖ Maßnahmen zur Eintragsminderung
- ❖ Fazit



- ❖ Frachtmodellierung auf Basis von CityDrain3 und Monte Carlo Simulationen
- ❖ Inputdaten ins Modell
  - Projektpartner
  - Literaturdaten
- ❖ Frachtmodellierung von
  - Antibiotikarückständen (AB)
  - Antibiotikaresistenzgenen (ARG)
  - Antibiotikaresistenten Bakterien (ARB)



- ❖ Identifizierung von relevanten Einträgen
  - ins Kanalnetz
  - ins Oberflächengewässer
- ❖ Evaluation effizienter technischer Maßnahmen zur Emissionsminderung von Antibiotikaresistenzen

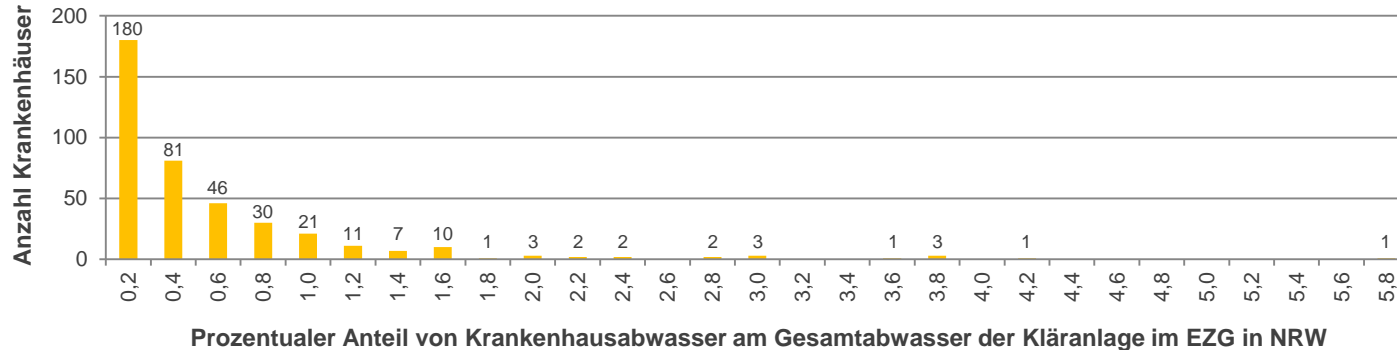


- ❖ Angelehnt an Bundesdurchschnitt
- ❖ Mischsystem
- ❖ Einwohnerzahl: 100.000
- ❖ Entlastungsrate  $e_0$ : 35%
  - Entlastete Schmutzwassermenge: ~3%
- ❖ Krankenhäuser: 500 Betten
  - Abwasseranfall: 300 l pro Bett und Tag



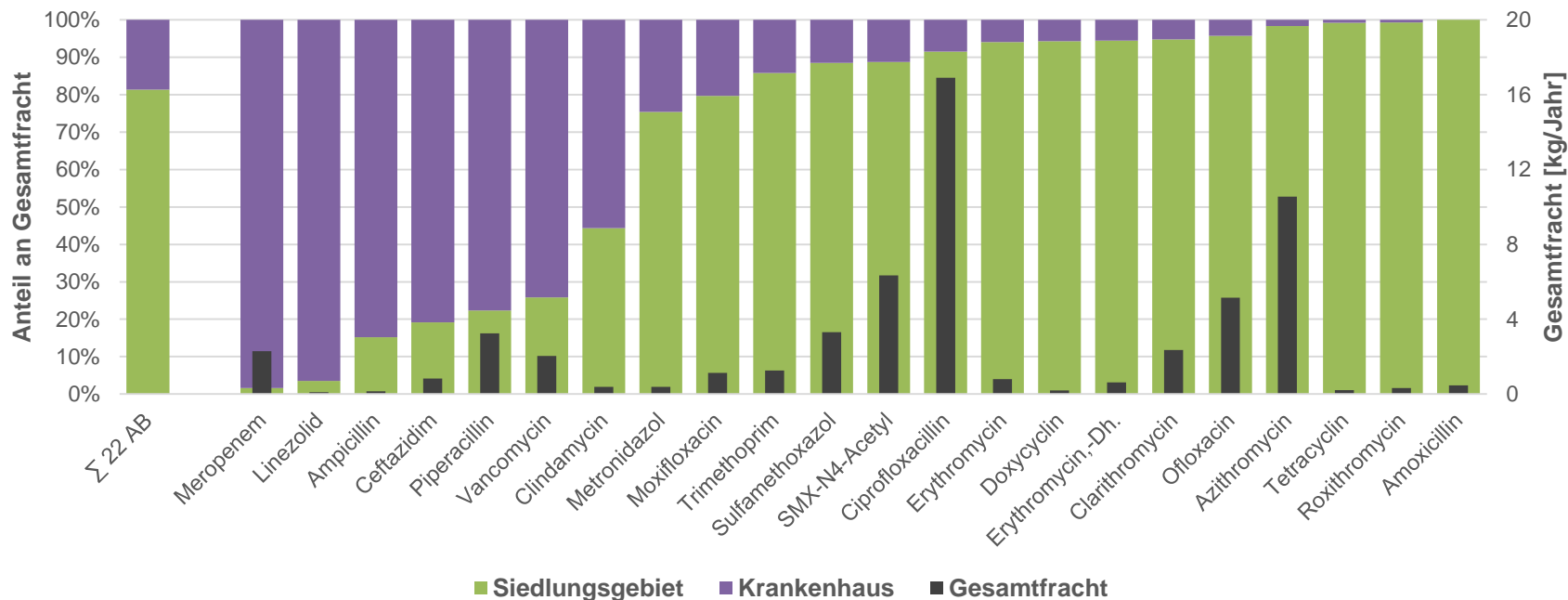
- ❖ Urbane Einträge in Oberflächengewässer
- ❖ Aufbau und Ziele der Frachtmodellierung
- ❖ Frachtbilanzierung von Einträgen ins Kanalnetz
- ❖ Frachtbilanzierung von Einträgen ins Oberflächengewässer
- ❖ Maßnahmen zur Eintragsminderung
- ❖ Fazit

- ❖ 1.942 Krankenhäuser mit knapp 500.000 Betten
- ❖ Abwasseranfall zwischen 150 und 500 Liter pro Tag und Bett
- ❖ Abwasseranteil am Gesamtabwasseranfall in Deutschland: < 1%
- ❖ In einigen Einzugsgebieten höherer Abwasseranteil

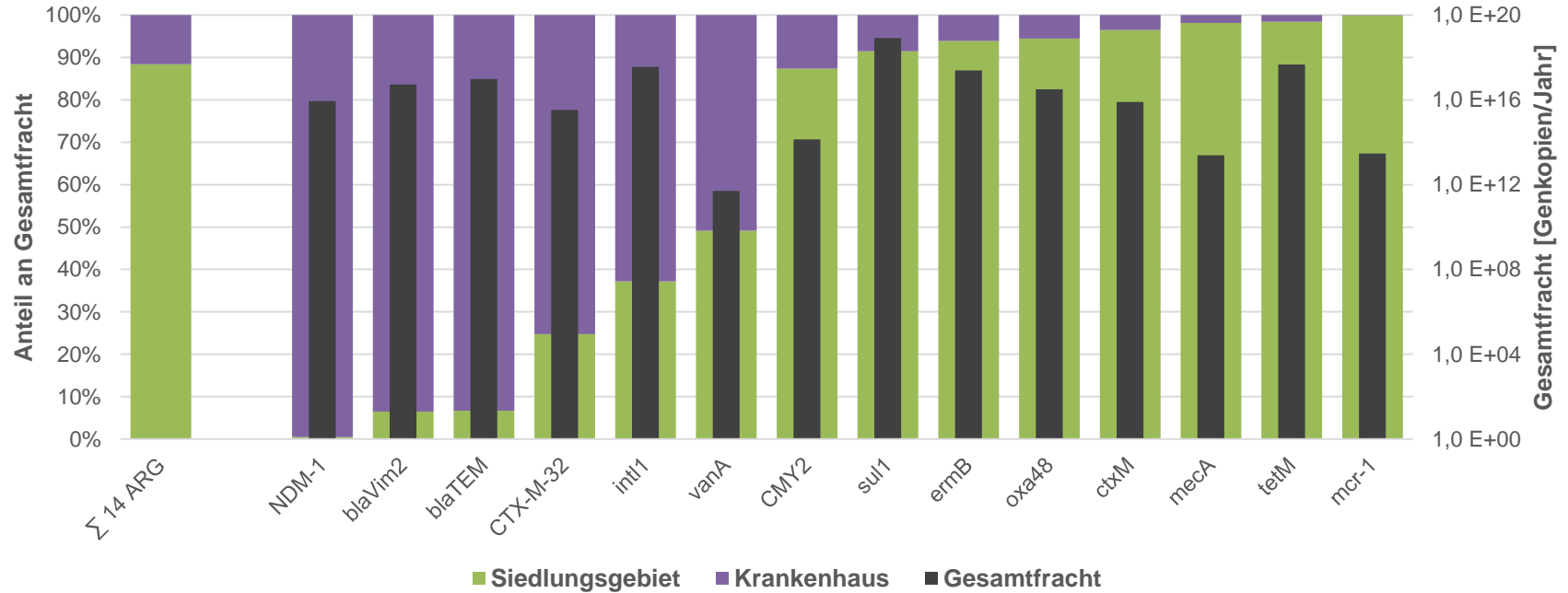


Quelle: DESTATIS, 2017; SEIDEL ET AL., 2013

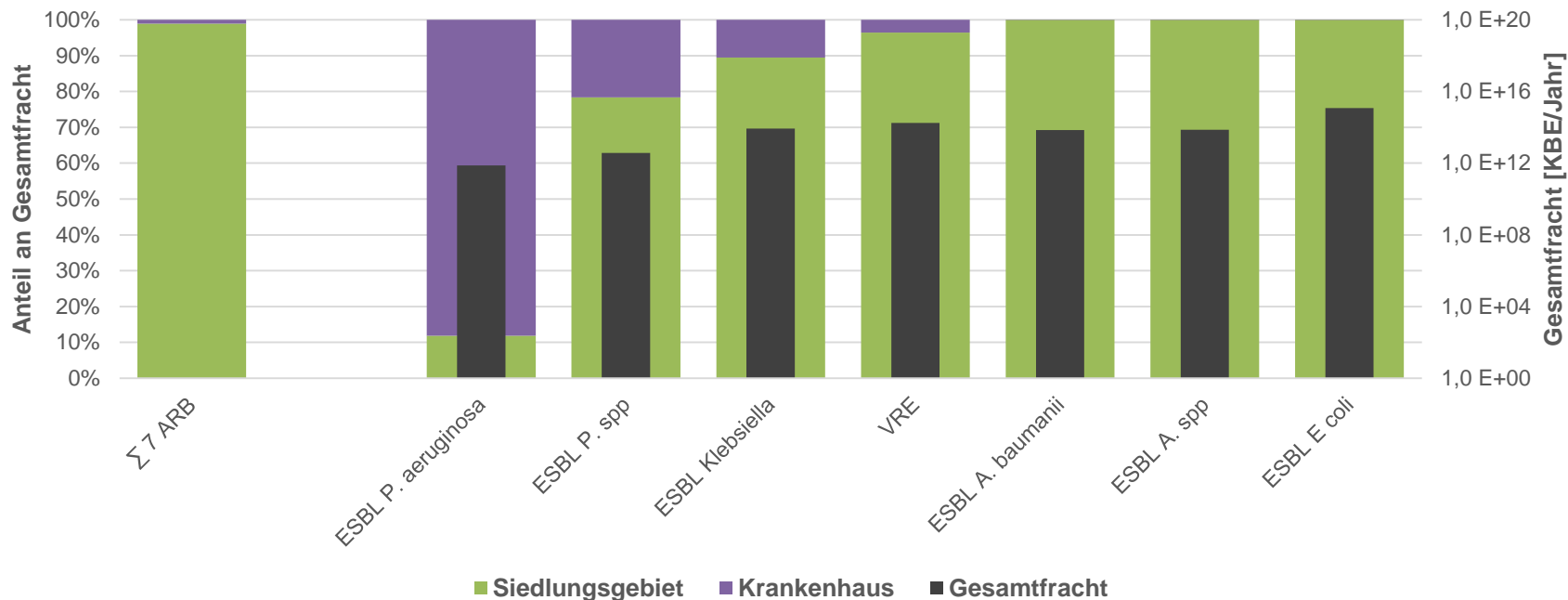
## Antibiotikarückstände (AB)



## Antibiotikaresistenzgene (ARG)

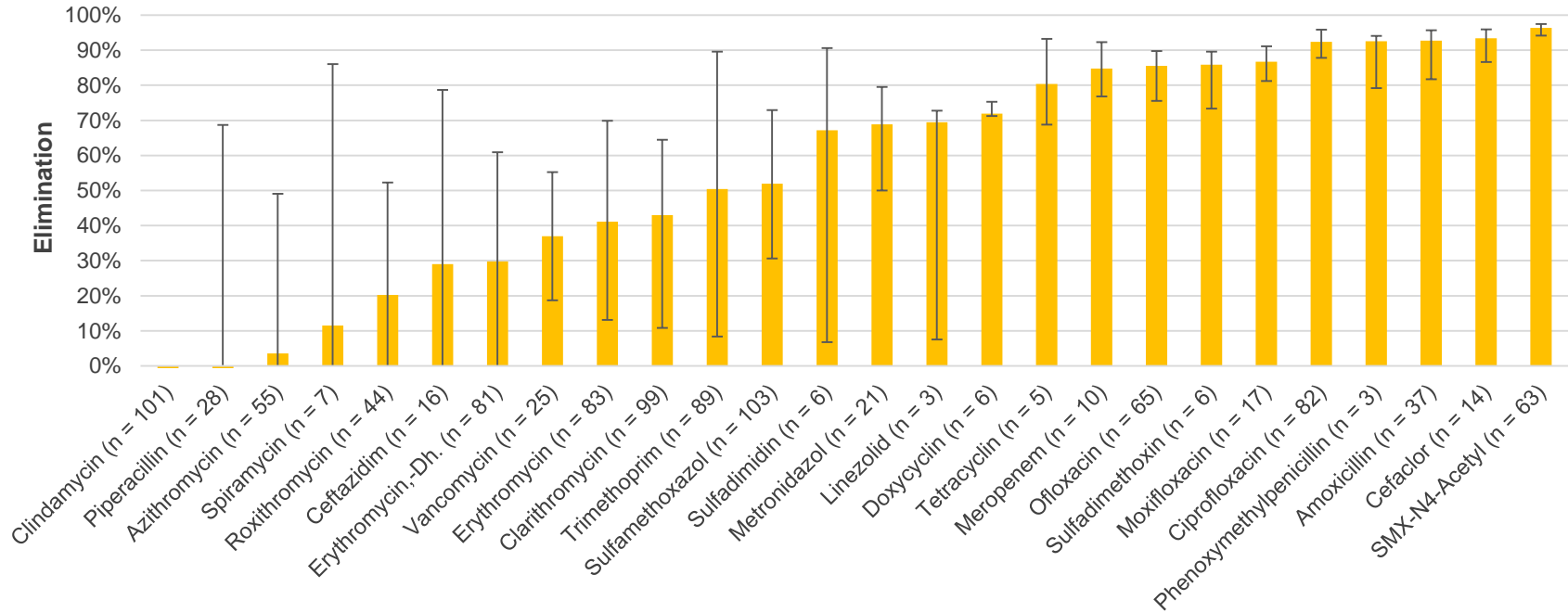


## Antibiotikaresistente Bakterien (ARB)

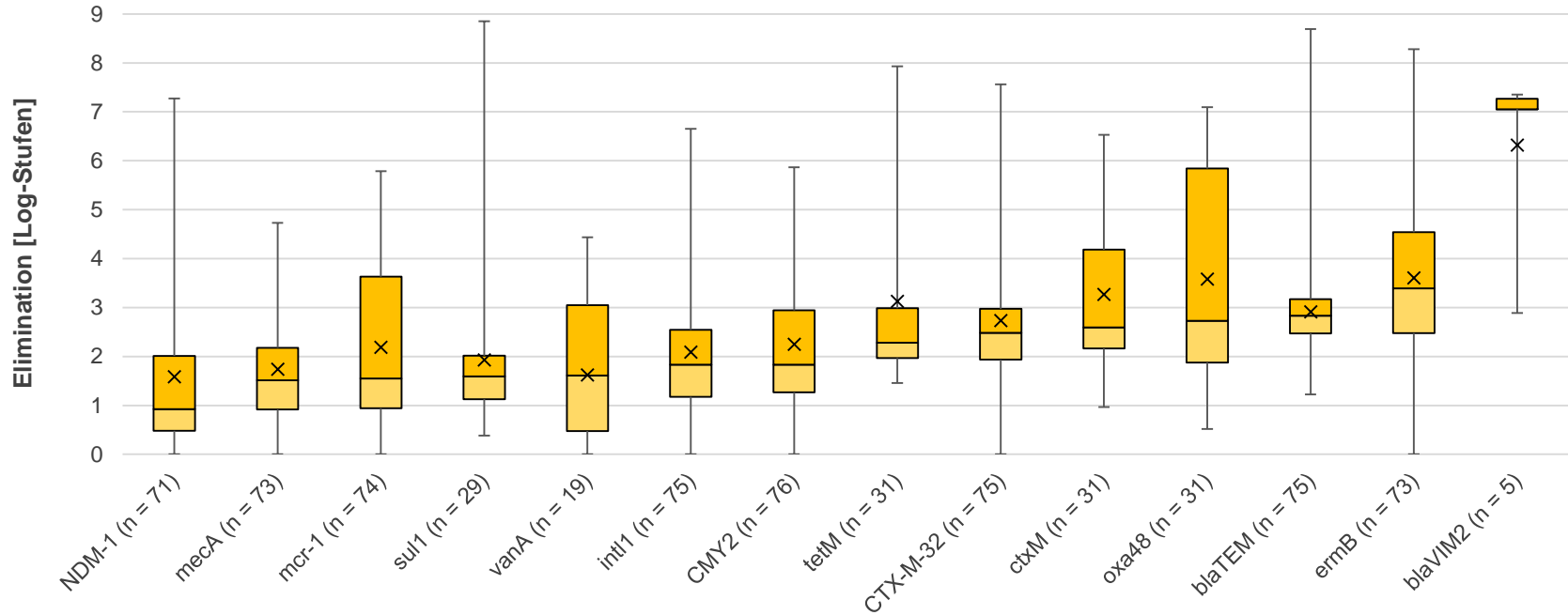


- ❖ Urbane Einträge in Oberflächengewässer
- ❖ Aufbau und Ziele der Frachtmodellierung
- ❖ Frachtbilanzierung von Einträgen ins Kanalnetz
- ❖ Frachtbilanzierung von Einträgen ins Oberflächengewässer
- ❖ Maßnahmen zur Eintragsminderung
- ❖ Fazit

## Antibiotikarückstände (AB)

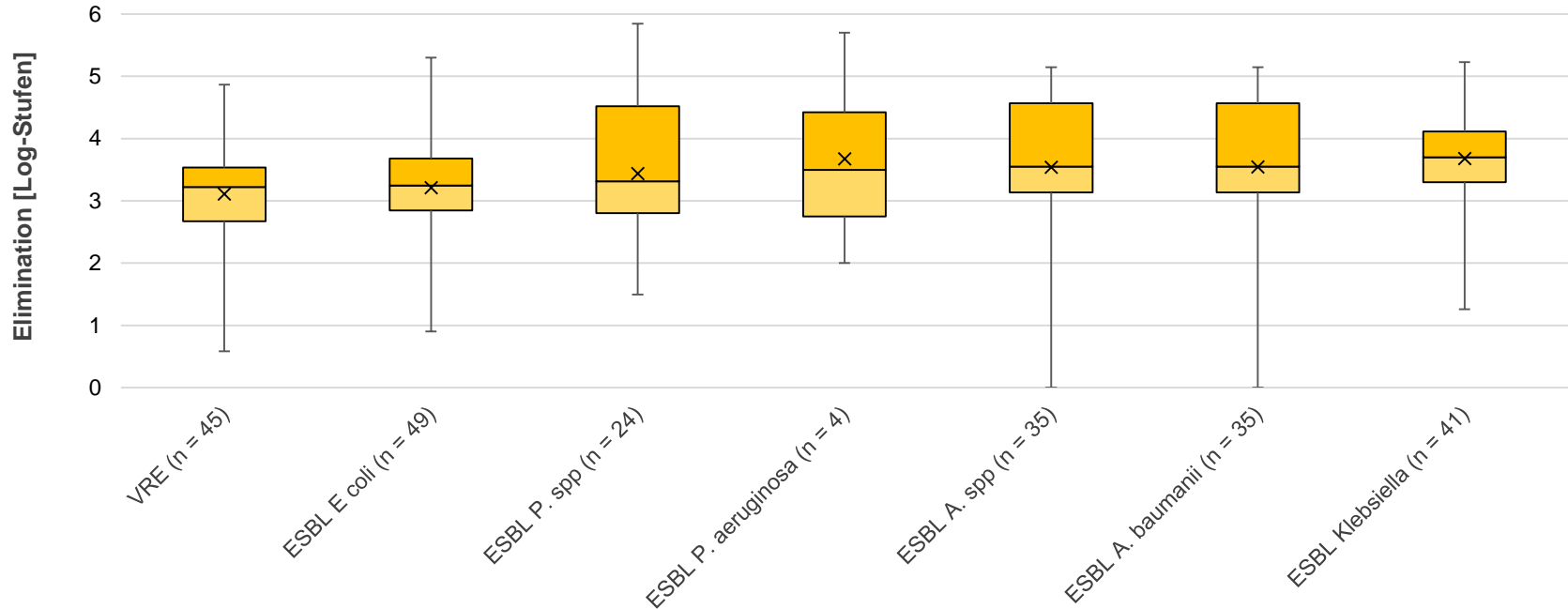


## Antibiotikaresistenzgene (ARG)



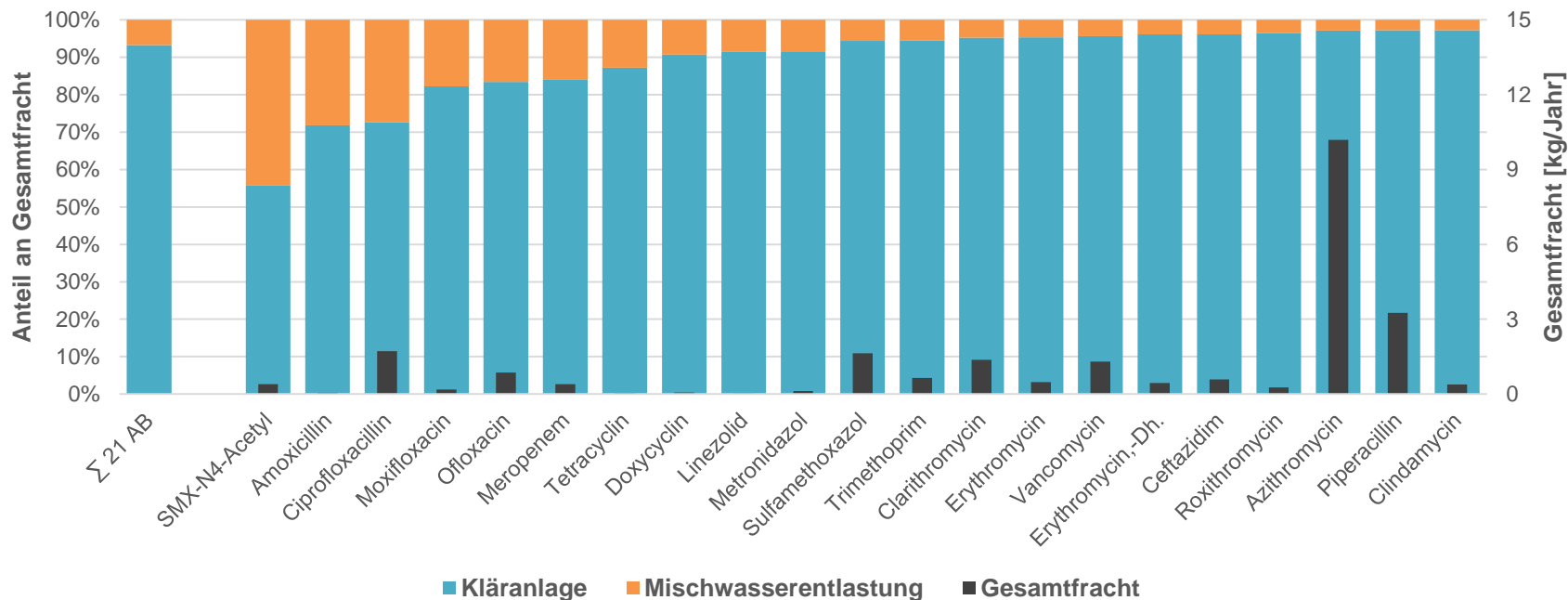


## Antibiotikaresistente Bakterien (ARB)

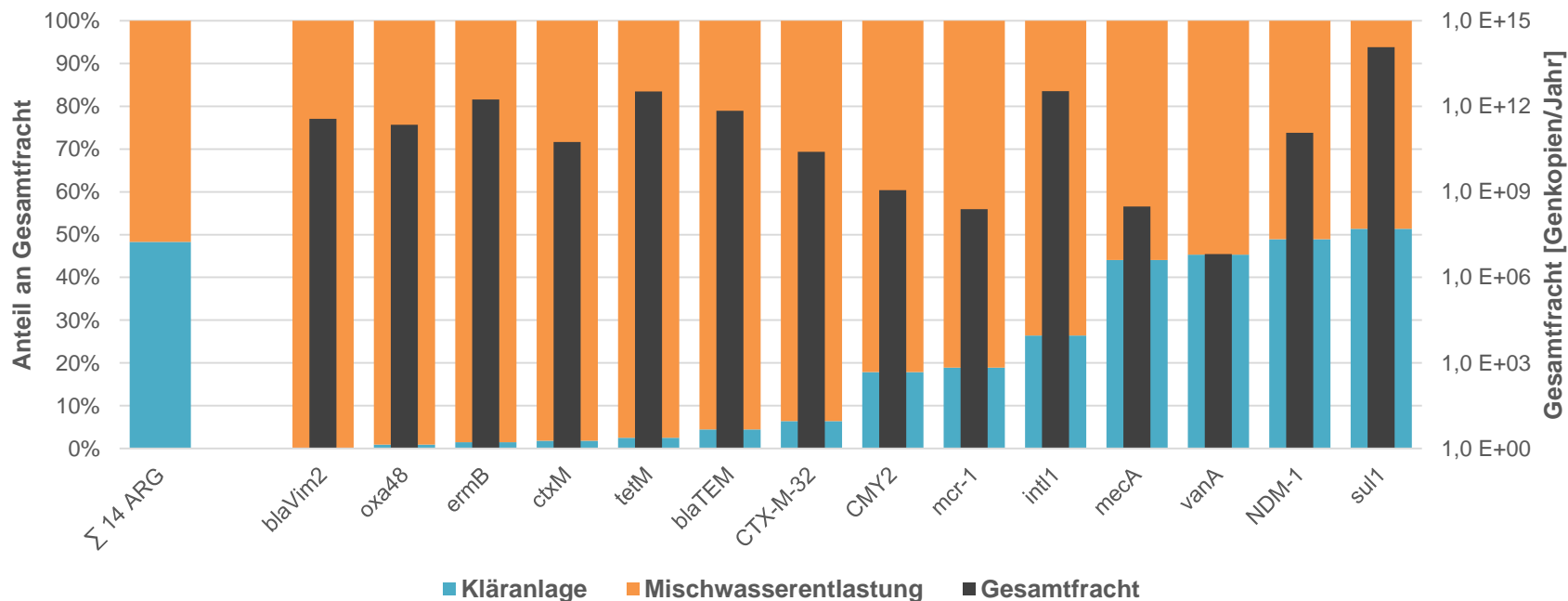


# Mischwasserentlastung vs. Kläranlage

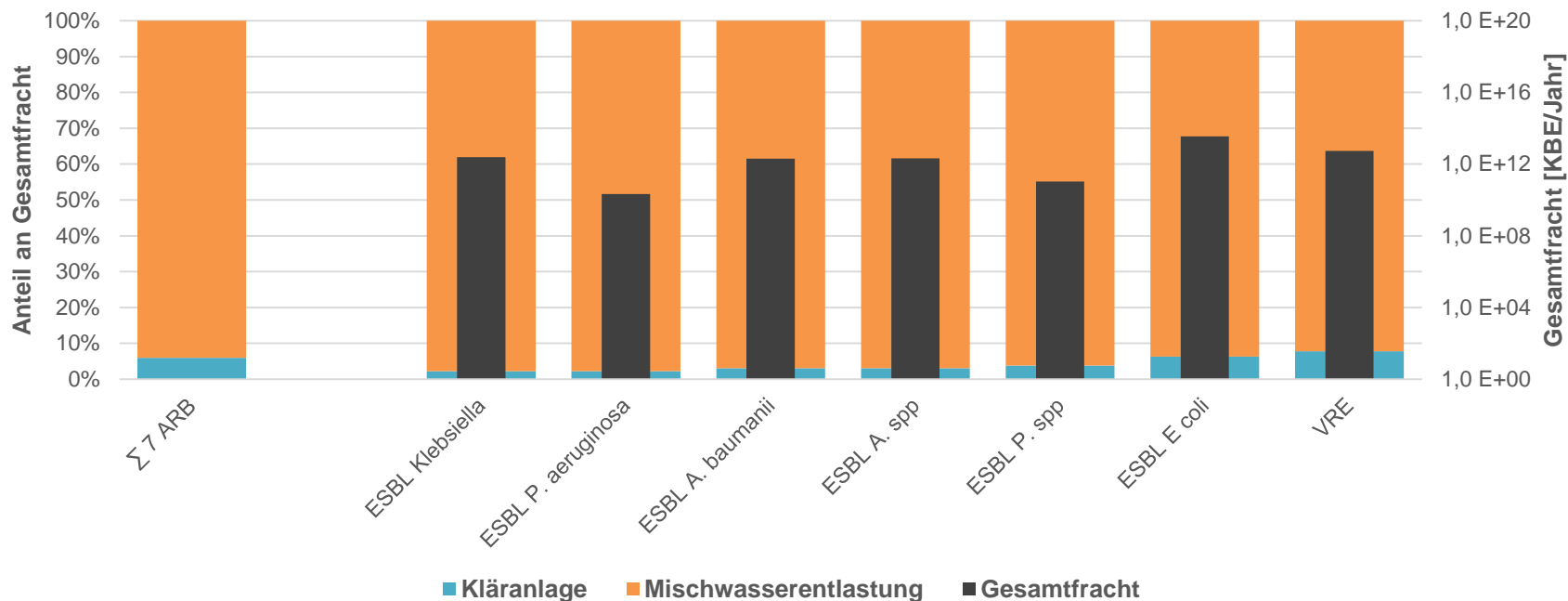
## Antibiotikarückstände (AB)



## Antibiotikaresistenzgene (ARG)



## Antibiotikaresistente Bakterien (ARB)



- ❖ Relevanz Krankenhausabwasser
  - Insgesamt höher belastet mit Antibiotikaresistenzen
  - Durch die deutlich höheren Abwassermengen tragen Siedlungsgebiete dennoch höhere Frachten ein
  - Je nach Einzugsgebiet kann Anteil an Krankenhausabwasser erhöht sein
- ❖ Relevanz Mischwasserentlastungen vs. Kläranlagenabläufe
  - Für Antibiotikarückstände ist die Kläranlage der maßgebende Eintragspfad
  - In reinen Mischsystemen überwiegen für Resistenzgene und resistente Bakterien die Mischwasserentlastungen
  - Starke Abhängigkeit von Reinigungsleistung der Kläranlage

- ❖ Urbane Einträge in Oberflächengewässer
- ❖ Aufbau und Ziele der Frachtmodellierung
- ❖ Frachtbilanzierung von Einträgen ins Kanalnetz
- ❖ Frachtbilanzierung von Einträgen ins Oberflächengewässer
- ❖ Maßnahmen zur Eintragsminderung
- ❖ Fazit

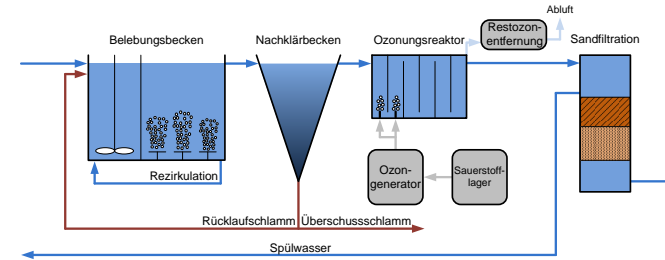
- ❖ Behandlung dezentraler Abwasserströme
- ❖ Weitergehende Verfahrenstechniken auf kommunalen Kläranlagen
- ❖ Maßnahmen zur Eintragsminderung aus Mischwasserentlastungen

	Antibiotikarückstände	Antibiotikaresistenzgene und antibiotikaresistente Bakterien
<b>Ozonung</b>	++	+
<b>Pulveraktivkohledosierung (PAK)</b>	++	0
<b>Filtration mittels Granulierter Aktivkohle (GAK)</b>	++	0
<b>Membranfiltration</b>	0	++
<b>UV-Bestrahlung</b>	0	+
<div>++ guter Rückhalt</div> <div>+ mäßiger Rückhalt</div> <div>0 kein Rückhalt zu erwarten</div>		

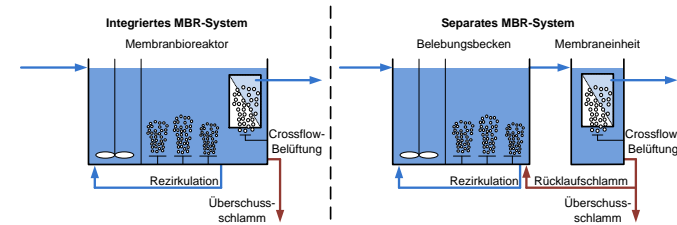
- ❖ Verfahrenskombinationen notwendig
- ❖ Bei der Verfahrenswahl ist auf weitere Schadstoffklassen wie z.B. Spurenstoffe oder Mikroplastik zu achten



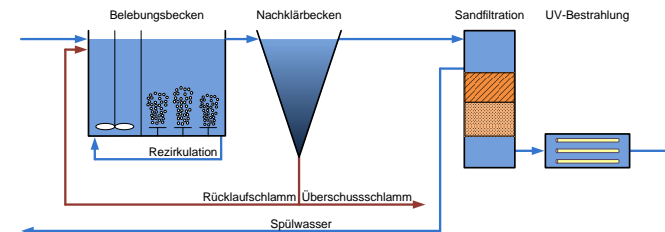
## ❖ Ozonung



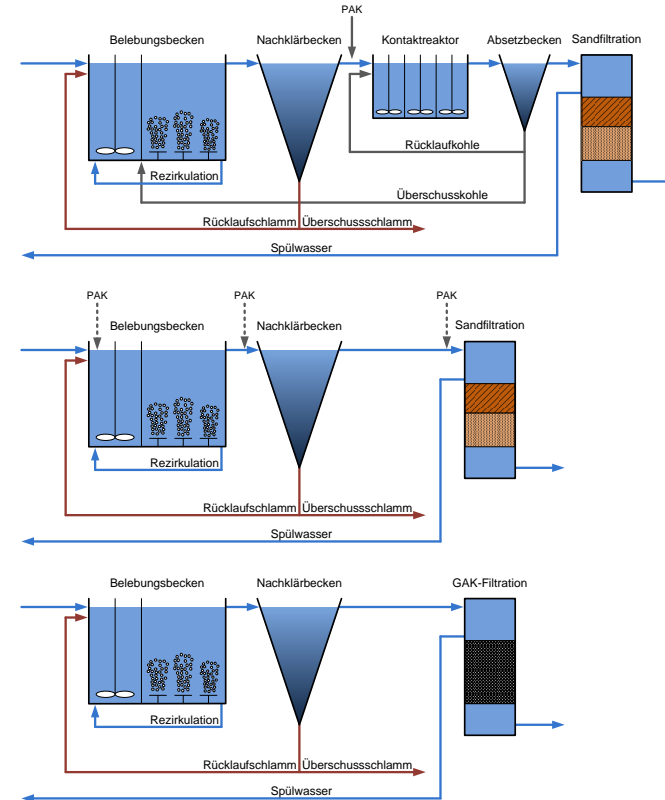
## ❖ Membranbioreaktor



## ❖ UV-Bestrahlung



- ❖ Pulveraktivkohledosierung in separater Adsorptionsstufe
- ❖ Direktdosierung von Pulveraktivkohle
- ❖ Filtration mittels granulierter Aktivkohle



- ❖ Behandlungseinheit bedarf einer mechanisch-biologischen Abwasserbehandlung
- ❖ Membranbioreaktor + weitergehende Stufe sinnvoll
  - Geringer Platzbedarf und Rückhalt von ARG/ARB
  - Zusätzliche Stufe zur Antibiotikaelimination (z.B. Aktivkohle, Ozon)
- ❖ Spezifische Kosten sehr hoch bei geringen Abwassermengen

	Deutschland		Schweiz	Niederlande	
	Kreiskranken- haus Waldbröl	Marienhospital Gelsenkirchen	Kantonspital Winterthur	Zwolle	Reinier de Graaf Klinik
Verfahrenskombination	MBR+O <sub>3</sub>	MBR+O <sub>3</sub> +PAK	MBR+O <sub>3</sub> +PAK	MBR+GAK	MBR+O <sub>3</sub> +PAK
Spez. Jahreskosten je m <sup>3</sup> Abwasser [€]	4,06	3,24	2,33	3,47	5,09

- ❖ Weitergehende Behandlung von Mischwasserentlastungen
  - Retentionsbodenfilter (hoher Flächenbedarf)
  - Sonstige weitergehende Verfahren (schwierig umsetzbar)
  
- ❖ Reduzierung der Entlastungswassermengen
  - Integrale Abflusssteuerung
  - Vergrößerung der Retentionsräume im Kanalnetz
  - Erhöhung des Mischwasserzuflusses zur Kläranlage

## Wirksamkeit verschiedener Maßnahmenszenarien

	Antibiotika- rückstände	Antibiotika- resistenzgene	Antibiotika- resistente Bakterien
Szenario I: PAK-MBR auf Kläranlage			
Szenario II: RBF zur Mischwasserbehandlung			
Szenario III: Dezentrale Behandlung des Krankenhausabwassers (PAK-MBR)			
Szenario IV: Integrale Abflusssteuerung			
Szenario V: Kombination aus I und IV			



- ❖ Urbane Einträge in Oberflächengewässer
- ❖ Aufbau und Ziele der Frachtmodellierung
- ❖ Frachtbilanzierung von Einträgen ins Kanalnetz
- ❖ Frachtbilanzierung von Einträgen ins Oberflächengewässer
- ❖ Maßnahmen zur Eintragsminderung
- ❖ Fazit

- ❖ Krankenhausabwasser ist höher belastet mit Antibiotikaresistenzen, dennoch überwiegen in der Regel die Siedlungsgebiete bei den Frachteinträgen
- ❖ Mischwasserentlastungen sind für ARG und ARB ein maßgebender Eintragspfad
- ❖ Verschiedene technische Maßnahmen zur Eintragsminderung vorhanden
  - Nur Maßnahmenkombinationen helfen zur weitgehenden Emissionsminderung von Antibiotikaresistenzen
  - Weitere Schadstoffgruppen müssen berücksichtigt werden
- ❖ Gewässer- und Einzugsgebietsspezifische Betrachtung notwendig
- ❖ Neben den hier gezeigten technischen Maßnahmen sind auch Maßnahmen an der Quelle von entscheidender Bedeutung zur Reduzierung der Belastung

# Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!