

# **Dimensionierung und Betriebsoptimierung von Anlagen zur Ozonung kommunaler Abwässer zur Spurenstoffelimination und Desinfektion**

**Kassandra Klaer**

IFWW-Förderpreis 2020

# Hintergrund und Motivation

---

- **Reduktion der Gewässerbelastung mit Spurenstoffen durch weitergehende Reinigung kommunaler Abwässer**
- **Reaktionen von Ozon mit einer Vielzahl von Abwasserinhaltsstoffen**
  - Spurenstoffelimination
  - Desinfektion
  - Transformationsproduktbildung (z. B. Bromat)
- **Geeignete Steuerungs- bzw. Regelungskonzepte zur bedarfsgerechten Ozondosierung notwendig**
  - Maximierung der Spurenstoffelimination und Desinfektion
  - Minimierung der Bildung unerwünschter Transformationsprodukte
- **Bau und Betrieb großtechnischer (Versuchs-)Anlagen in Deutschland**
  - Auslegung und Betrieb der Anlagen individuell verschieden
  - Derzeit keine allgemeinen rechtlichen Vorgaben zur Elimination von Spurenstoffen vorhanden

# Zielsetzungen

---

- **Quantifizierung der Auswirkungen einer Ozonung auf das behandelte Abwasser**
  - Untersuchungen zur Spurenstoffelimination, Desinfektion und Bromatbildung
- **Weiterentwicklung von Steuerungs- und Regelungsstrategien**
  - Zeitlich hoch aufgelöste Überwachung der Abwasserbelastung im Zulauf (Spurenstoffe, abwasserrelevante Parameter) und im Ablauf (Bromat) der Ozonung
  - Untersuchungen zur Eignung kontinuierlich messbarer Parameter als Surrogate oder Korrekturfaktoren
- **Überprüfung des Einflusses potenzieller rechtlicher Vorgaben und Überwachungsmodalitäten auf die Dimensionierung einer Ozonung**
  - Ermittlung der erforderlichen Reinigungsleistung
  - Erarbeitung von Empfehlungen zur Auslegung der Anlagen im Vollstrom oder Teilstrom in Abhängigkeit verschiedener Vorgaben

# Material und Methoden

## Labor



### Bromatbildung

#### Definition:

##### Statisch:

- $Q_{\text{Abwasser}}$  fest
- Ozondosis fest
- Stichproben

## Halbtechnische Anlage



### Desinfektion

- Statisch

##### Dynamisch:

- $Q_{\text{Abwasser}}$  variabel
- Ozondosis fest
- 24h Mischproben

## Pilotanlage



### Spurenstoffelimination

- Statisch
- Dynamisch

### Desinfektion

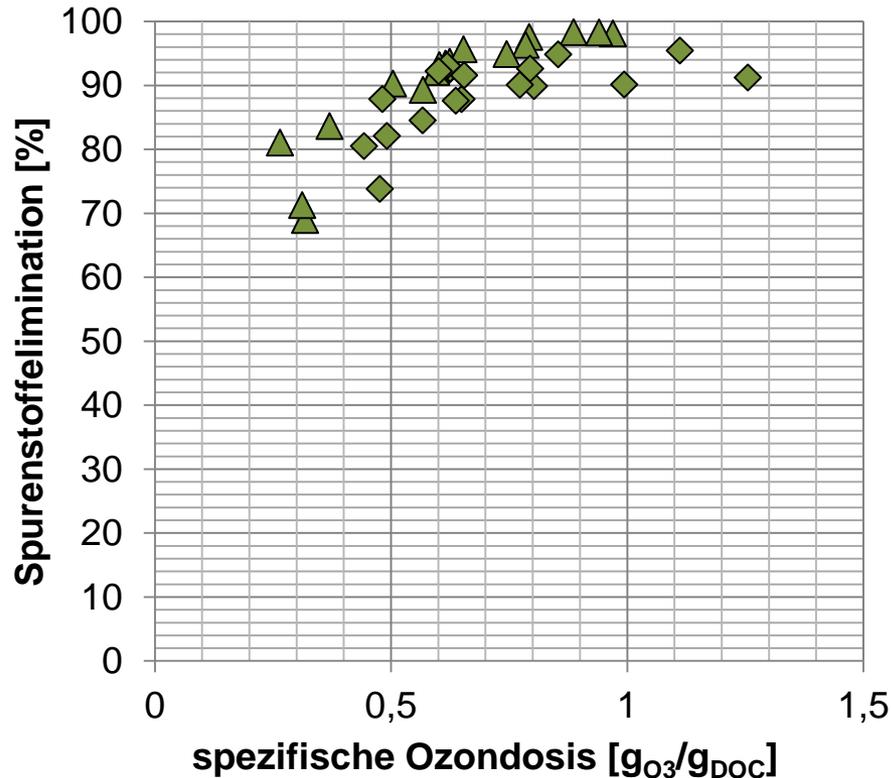
- Dynamisch

### Bromatbildung

- Statisch
- Dynamisch

# Spurenstoffelimination und Desinfektion

## Spurenstoffelimination

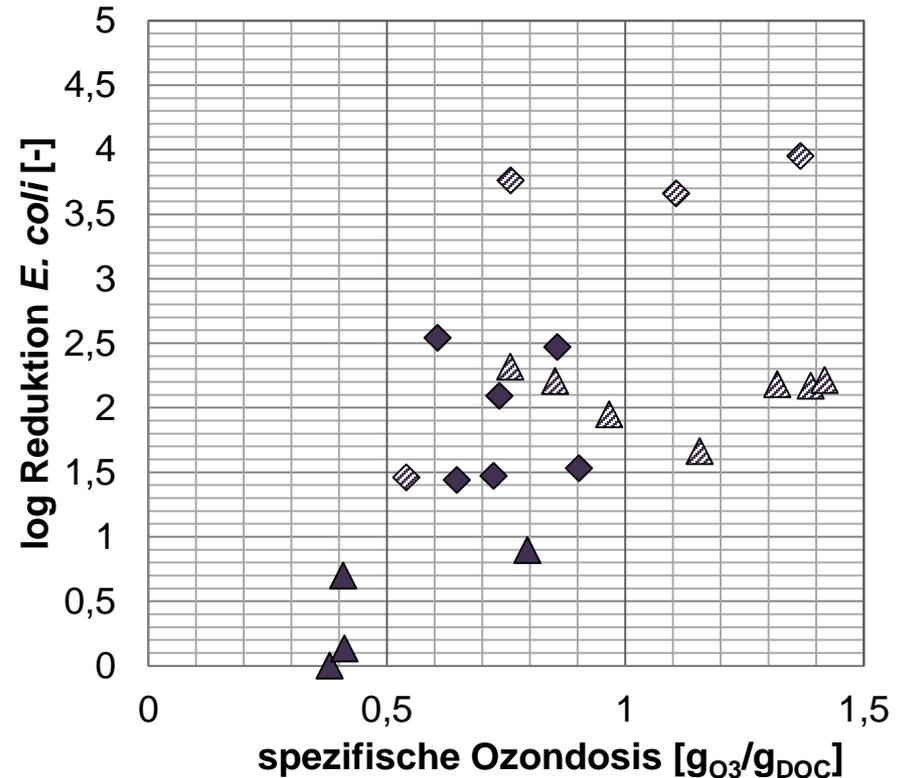


### Mittlere Elimination der Spurenstoffe:

Benzotriazol, Candesartan, Clarithromycin, Diclofenac, Metoprolol, Tramadol

▲ Pilotanlage (statisch)    ◆ Pilotanlage (dynamisch)

## Desinfektion

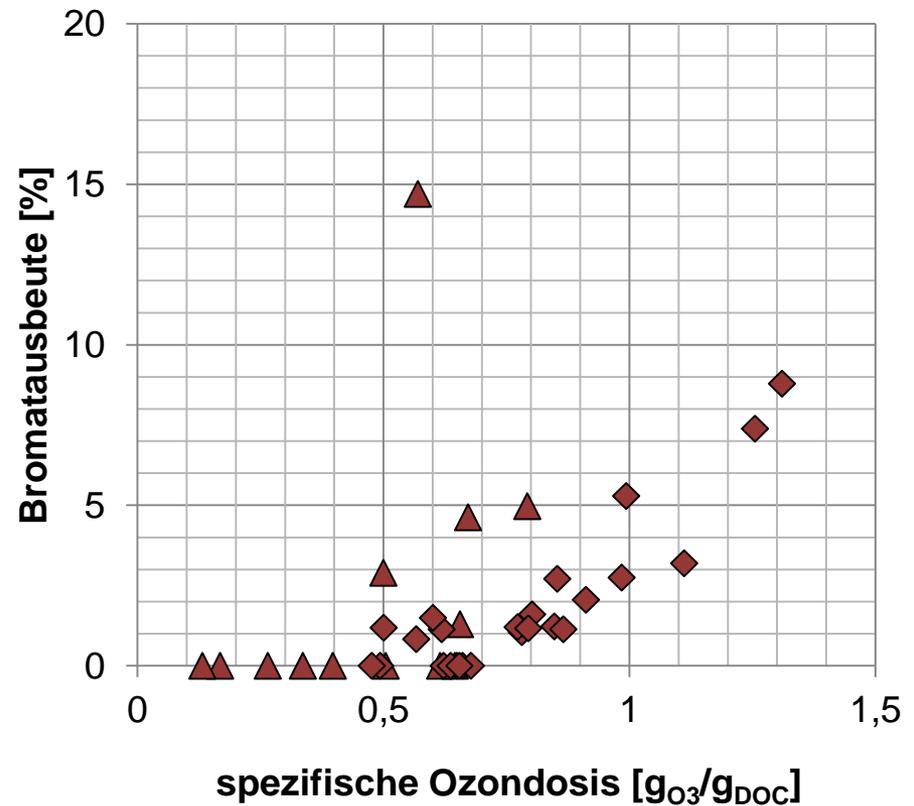
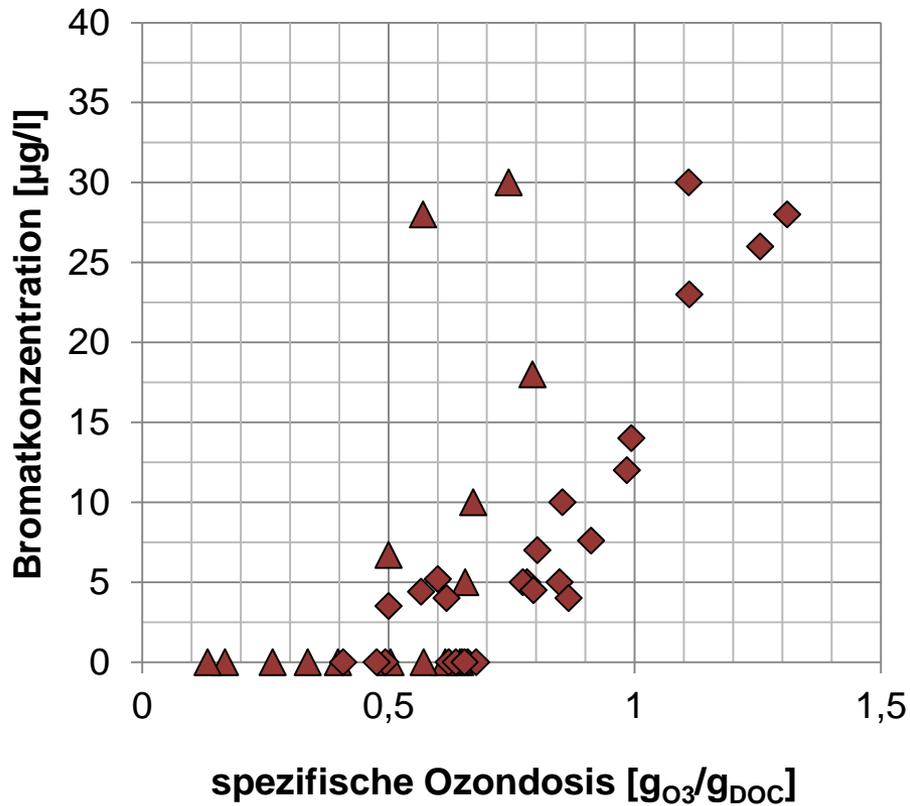


▲ ◆ = Elimination

▲ ◆ = Mindestelimination (Reduktion bis unter die Bestimmungsgrenze)

▲ Halbtechnik (statisch)    ◆ Pilotanlage (dynamisch)

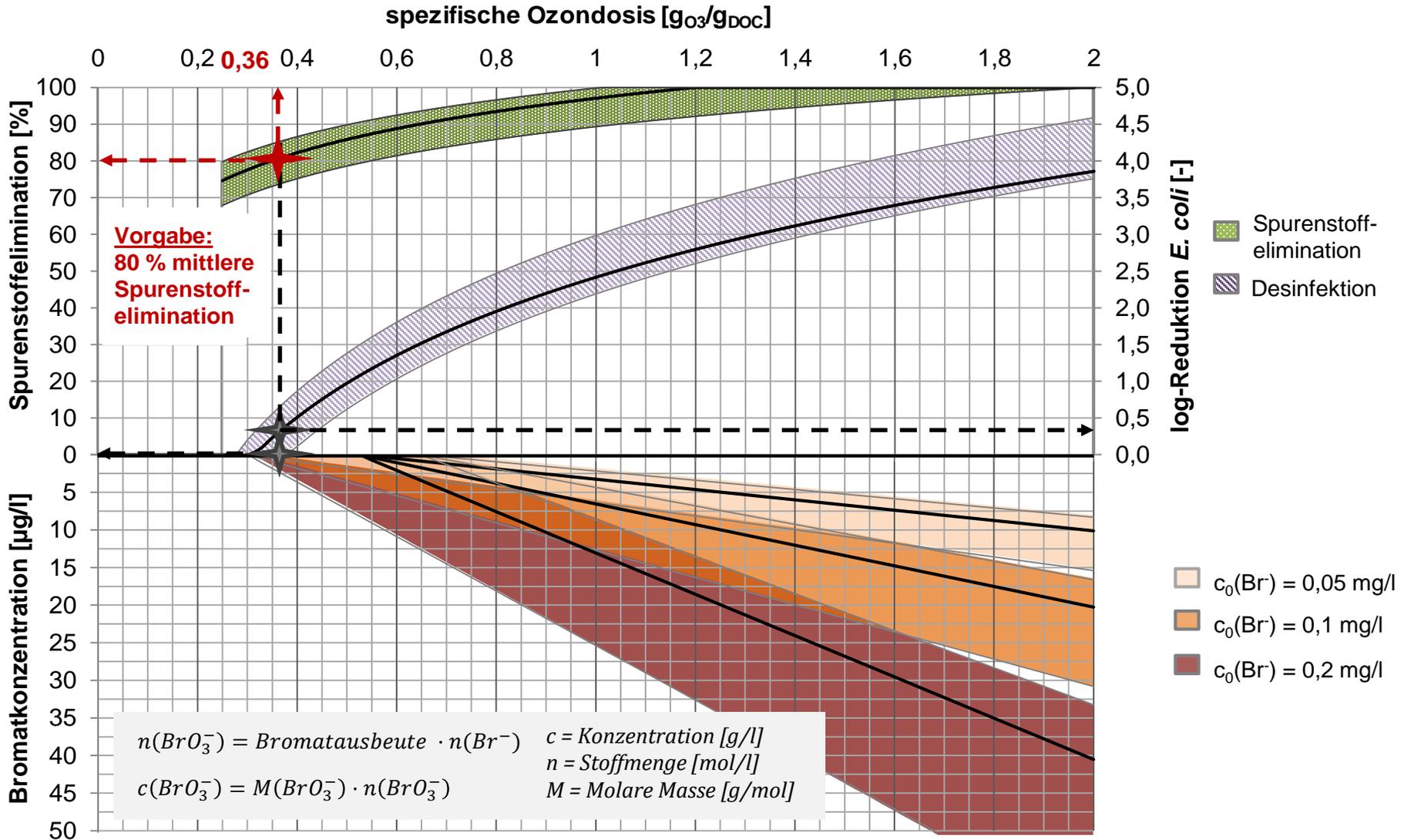
# Bromatbildung während der Ozonung



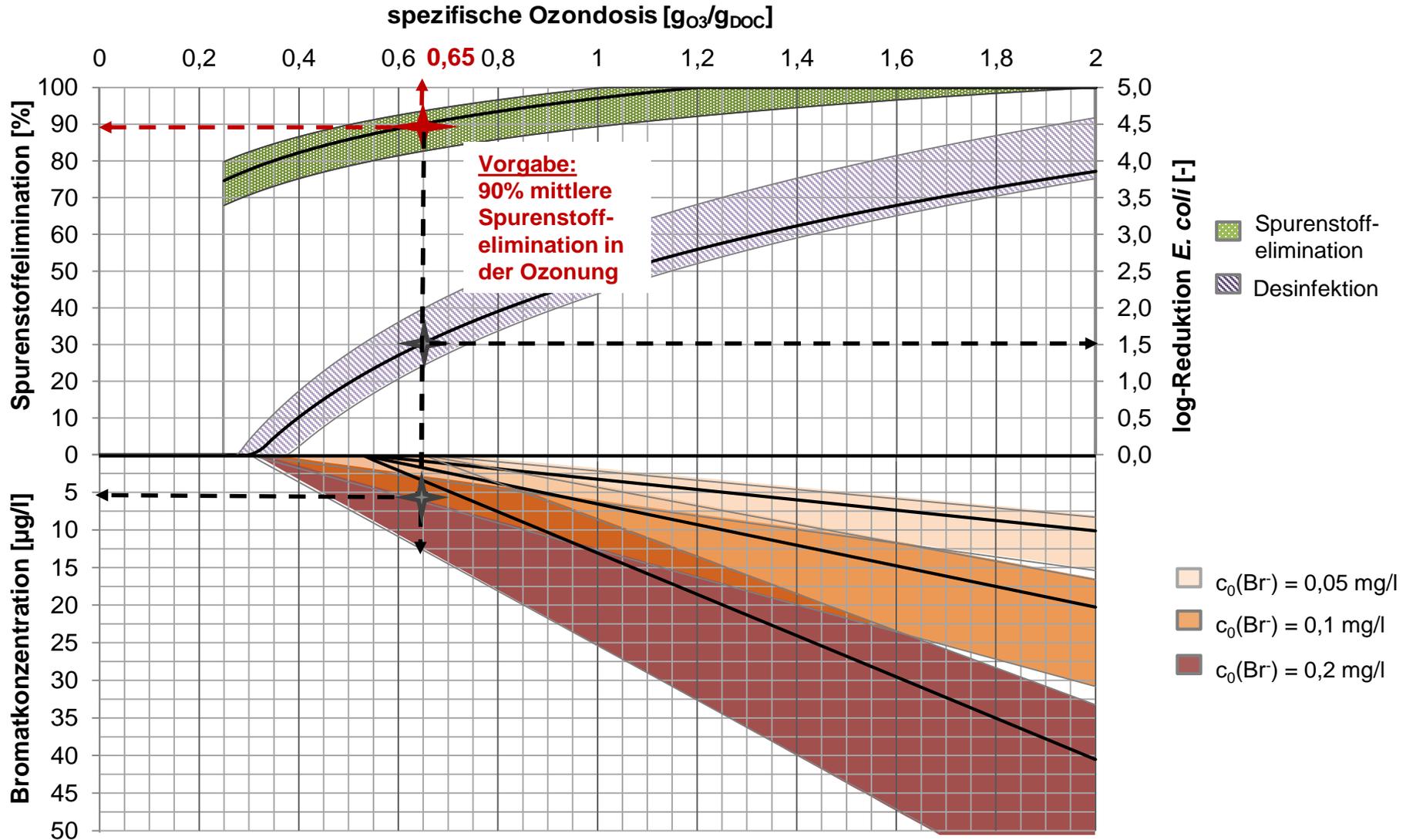
$$\text{Bromatausbeute [\%]} = \frac{\text{gebildetes Bromat [\text{mol}]}{\text{Bromid [\text{mol}]}}$$

▲ Pilotanlage (statisch)    ◆ Pilotanlage (dynamisch)

# Auswirkungen der Ozonung



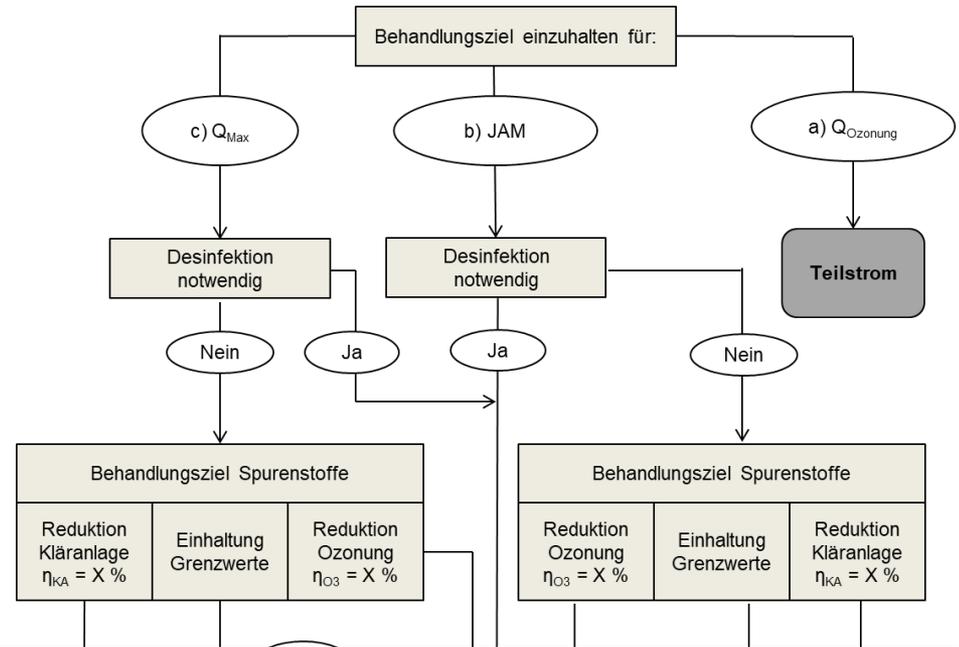
# Auswirkungen der Ozonung



# Empfehlung zur Auslegung von Ozonanlagen

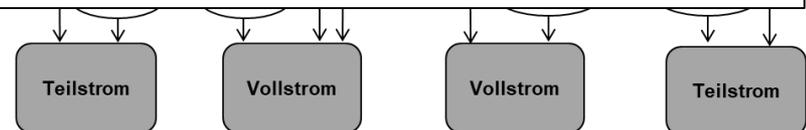
Zur Bestimmung der erforderlichen Reinigungsleistung in der Ozonung sind relevant:

- das Behandlungsziel
- der Volumenstrom, für den das Behandlungsziel eingehalten werden muss



**Die Auslegung einer Ozonung zur Vollstrombehandlung wird empfohlen, wenn:**

- eine Desinfektion gefordert wird
- das Behandlungsziel mit einer Teilstrombehandlung rechnerisch nicht eingehalten werden kann
- eine zu hohe Bromatkonzentration während der Teilstrombehandlung erreicht wird



# Zusammenfassung

---

## Betrieb

- Spezifische Ozondosis für den Erfolg der Spurenstoffelimination und Desinfektion sowie für die Bromatausbeute entscheidend
- Kein Einfluss der hydraulischen Aufenthaltszeit auf den Umsatz während der Ozonung erkennbar
- Vermeidung einer Bromatbildung im Betrieb durch die Berücksichtigung von kontinuierlich messbaren Parametern, die eine Überdosierung anzeigen (z.B. die Ozonkonzentration im Off-Gas ), möglich

## Dimensionierung

- Erste Abschätzung der erforderlichen Ozondosis und Auswirkungen einer Ozonung auf das behandelte Abwasser mit dem vorgestellten Diagramm möglich
- Dimensionierung und Auslegung einer Ozonung als Teilstrom- oder Vollstromanlage maßgeblich von der geforderten Reinigungsleistung abhängig (z. B. Desinfektion)
- Auslegung von Anlagen zur Ozonung so empfohlen, dass verschiedene potenzielle Anforderungen an die Reinigungsleistung erfüllt werden können

**Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!**

**Dr.-Ing. Kassandra Klaer**

**Email: [kk1@ruhrverband.de](mailto:kk1@ruhrverband.de)**

**Tel.: 0201-1782533**